

Escuela Técnica Superior
de Ingenieros de Telecomunicación

MEMORIA DE CATEDRA
Grupo XXVII
ORDENADORES ELECTRONICOS

F. Saez Vacas

**Escuela Técnica Superior
de Ingenieros de Telecomunicación**

**MEMORIA DE CATEDRA
Grupo XXVII
ORDENADORES ELECTRONICOS**

F. SAEZ VACAS

Diciembre 1973

© F. SAEZ VACAS

Depósito Legal M-40742-1973

I.S.B.N.-84-400-7026-8

DAYTON - Desengaño, 12 - Madrid

INDICE

| | <u>Páginas</u> |
|--|----------------|
| INTRODUCCIÓN A LOS OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE ESTA MEMORIA | 7 |
| CONCEPTO | |
| 1. INTRODUCCION | 15 |
| 1.1. A modo de síntesis histórica | 17 |
| 1.2. ¿Existe una ciencia de los ordenadores? | 22 |
| 1.3. El ordenador, instrumento central de la Informática | 25 |
| 1.4. Una cuestión semántica... o, simplemente, clasificatoria | 28 |
| 2. LOS AMBITOS DEL ORDENADOR | 31 |
| 3. MODELOS DESCRIPTIVOS DEL ORDENADOR (AMBITO DE DISEÑO) | 37 |
| 3.1. La pirámide de Flores | 39 |
| 3.2. C. Gordon Bell y Cía. | 43 |
| 3.3. Introducción a los niveles de programación y PMS | 47 |
| 3.4. Nivel PMS | 49 |
| 3.5. Notación ISP | 53 |
| 3.6. Dimensiones técnicas del ordenador. (Guía para la ma- teria a enseñar) | 54 |
| 4. DIMENSIONES EN EL USO DEL ORDENADOR (AMBITO DE APLICACION) | 57 |
| 4.1. Aplicaciones de gestión/aplicaciones científicas | 59 |
| 4.2. Dimensión técnica | 62 |
| 4.3. Dimensión económica | 65 |
| 4.4. Dimensión sociológica | 68 |
| 4.5. ¿Dimensión ecológica? | 71 |

| | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| 5. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA (ENTORNO ACADÉMICO Y SOCIOECONOMICO) | 75 |
| 5.1. Ingeniería de Ordenadores; una primera aproximación al entorno académico | 79 |
| 5.2. Objetivos Cosine, modificados | 82 |
| 5.3. Actividades en Informática de los Ingenieros Superiores de Telecomunicación | 83 |
| 5.4. Proposición de objetivos generales para la formación en Informática de los Ingenieros Superiores de Telecomunicación | 93 |
| 5.5. Objetivos generales de la asignatura ORDENADORES ELECTRONICOS | 95 |
| 5.6. Finalidades profesionales, objetivos en la formación y grados de especialización | 98 |
| 6. DATOS PARA EL PROGRAMA Y LAS FUENTES BIBLIOGRAFICAS | 101 |
| 6.1. Función del ordenador | 103 |
| 6.2. Longitud de palabra base tipos de información direcciones/instrucción | 105 |
| 6.3. Tecnología de la lógica circuitos lógicos | 109 |
| 6.3.1. Tecnología de la lógica | 109 |
| 6.3.2. Circuitos lógicos | 112 |
| 6.4. Algoritmo de acceso capacidad Mp ... | 114 |
| 6.4.1. Jerarquía de memorias | 115 |
| 6.4.2. Tecnología, organización, funcionamiento y propiedades de la memoria principal | 118 |
| 6.4.3. Memorias especializadas | 118 |
| 6.4.4. Factores técnicos y económicos de evolución en la tecnología de memorias | 119 |
| 6.5. Estructura PMS conmutación función del procesador | 123 |
| 6.5.1. Ruta de datos | 125 |
| 6.5.2. Ruta de órdenes | 130 |
| 6.5.3. Comunicaciones con el exterior | 134 |
| 6.6. Concurrencia Mp comunicación interprocesos | 143 |
| 6.7. Concurrencia procesador | 154 |
| 6.8. Software | 157 |

| | <u>Páginas</u> |
|--|----------------|
| 7. DOSIFICACION TEORICA DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA | 165 |
| METODO | |
| 8. INTRODUCCION | 173 |
| 9. EL METODO A.T.E. | 177 |
| 9.1. Papel de los métodos en la eficacia de los procesos educativos | 179 |
| 9.2. Planteamiento y finalidad del método A.T.E. | 180 |
| 9.3. Características relevantes de nuestro sistema profesor-clase, de su entorno docente y algunas observaciones sobre los métodos tradicionales | 181 |
| 9.3.1. El sistema | 182 |
| 9.3.2. El entorno | 182 |
| 9.3.3. Observación y crítica de los métodos tradicionales | 184 |
| 9.4. Estructura del método A.T.E. | 185 |
| 9.5. Aplicación del método A.T.E. | 187 |
| 10. COMPLEMENTOS | 191 |
| FUENTES | |
| 11. INTRODUCCION | 199 |
| 12. FUENTES BIBLIOGRAFICAS PARA LA MEMORIA | 203 |
| 13. BIBLIOTECA BASICA 1973-74 | 221 |
| PROGRAMA | |
| 14. INTRODUCCION | 233 |
| 15. LECCIONES Y OBJETIVOS | 237 |

INTRODUCCION A LOS OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE ESTA MEMORIA

Con esta Memoria pretendemos cubrir tres objetivos:

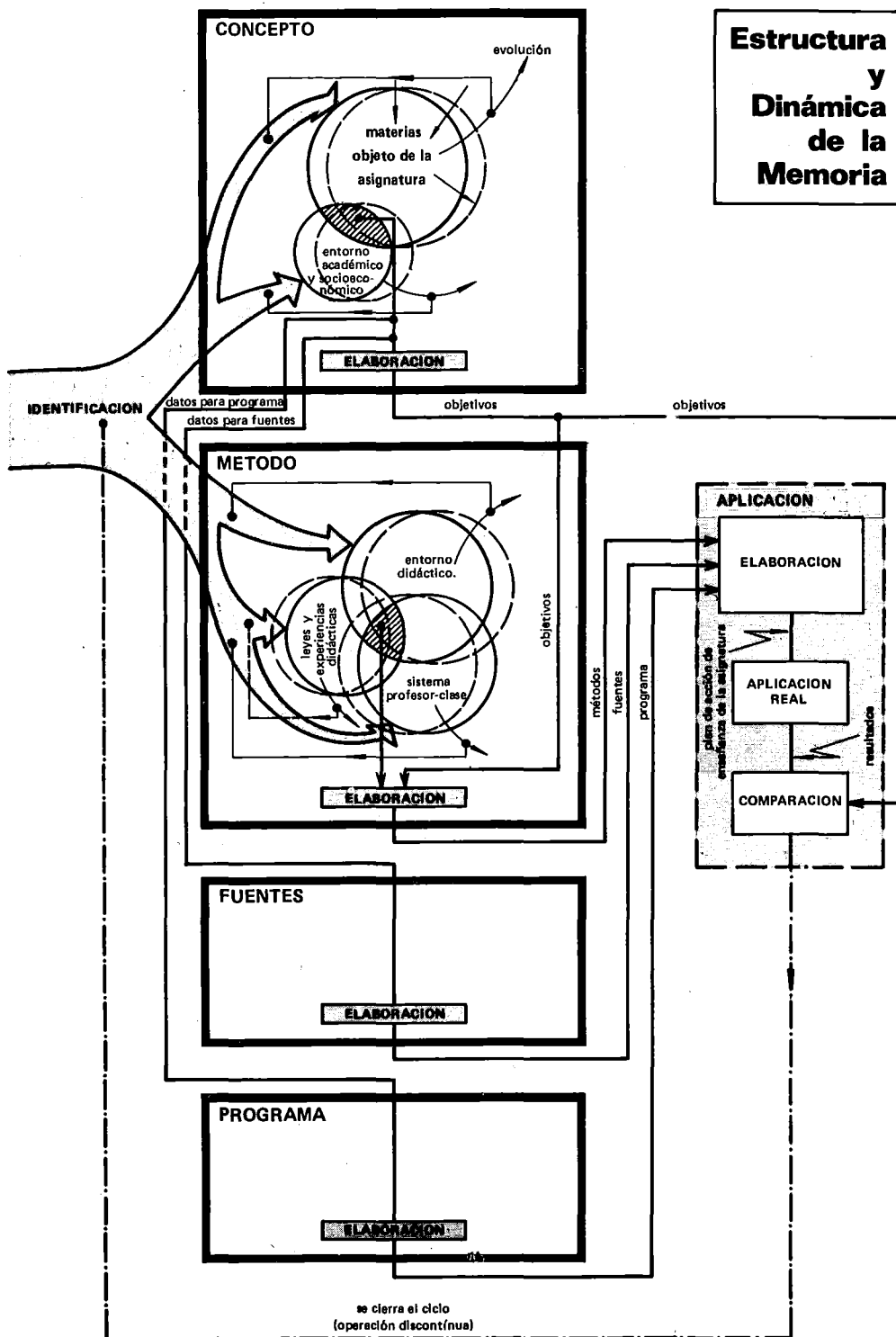
1. Obviamente, describir nuestra concepción de la asignatura "Ordenadores Electrónicos", como es obligado hacer según los cuatro apartados: concepto, método, fuentes, programa.
2. Concebir el modelo de la estructura general y dinámica de una Memoria de Cátedra y demostrar su aplicación práctica.
3. Presentar cierto número de ideas originales, algunas aún sin publicar, acerca de métodos de enseñanza y de los ordenadores y su circunstancia.

El primero y último puntos se explican por sí solos en la lectura de la Memoria. Sin embargo, el procedimiento metódico que ha guiado su confección merece —creemos— la pena de ser destacado, pues trasciende el alcance específico de la Memoria pudiendo ser, por tanto, de utilidad para otros.

El esquema de la página siguiente intenta materializar las ideas que presiden el modelo.

Si explorásemos las causas que nos han empujado a plantearnos la realización de la Memoria con un doble, y hasta un triple, objetivo y pagar el incremento correspondiente de complejidad, encontraríamos

Estructura y Dinámica de la Memoria



que la principal ha sido, quizá, nuestro temor a traicionar a nuestro pensamiento desde el mismo momento en que lo fijásemos en palabras escritas. Desasosiega pensar que alguien pueda leerlo y juzgarlo en un tiempo distinto al que se escribió. Por tal razón nos hemos esforzado —¿lo habremos conseguido?— en representar que el pensamiento se mueve, que ya no está ahí donde dice esta Memoria, que obedece a un proceso de actualización de naturaleza adaptativa y que dicho proceso hace intervenir a los elementos de nuestro esquema.

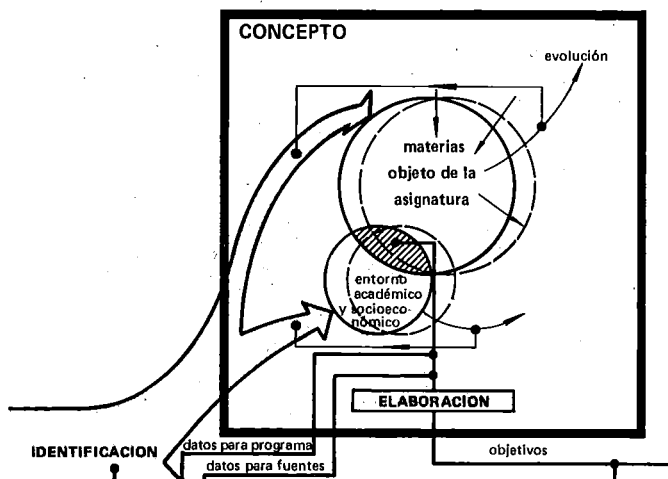
El esquema representa el proceso que sigue el autor, las operaciones que lleva a cabo: **identificación, elaboración, comparación, aplicación** y la manera cómo las lleva a cabo para crear y enriquecer en cada instante —aunque no se escriban más que en éste— los contenidos del **CONCEPTO, METODO, FUENTES y PROGRAMA** de la asignatura.

Identificar (término usado en el sentido de la teoría de sistemas) es la operación continua de escrutación inteligente de los elementos y de su evolución. Se apoya en las observaciones, estudio, experiencias, enseñanzas, reflexiones... del autor. Este se enriquece continuamente y actualiza su visión y comprensión de los elementos, por lo cual éstos cobran, incluso en sus partes estáticas, si las hubiera, una nueva luz. A partir de tal conocimiento *elabora* y *aplica* un plan de acción. Los resultados de una experiencia completa —un ciclo de aplicación— no serían significativos, si no pudieran contrastarse —*compararse*— con unos objetivos previamente establecidos, y sujetos ellos mismos a revisión.

Este modelo y este proceso, que parecen fecundos tanto por la variedad como por la oportunidad de sus elementos, han sido utilizados durante tres ciclos consecutivos. Se basan en el pensamiento cibernético, el cual, según la definición de Couffignal, persigue "hacer eficaz la acción", optimizando el acopio de experiencia y su adaptación a las circunstancias cambiantes. La Memoria que aquí presentamos desarrolla el contenido de los cuatro apartados obligatorios, de acuerdo, punto por punto, a la estructura esquematizada en el gráfico anterior.

Diciembre, 1973

Concepto



Entendemos que el programa de una asignatura, su administración y todo lo que les rodea deben constituir un *mecanismo* teleológico adaptativo y no una mera yuxtaposición de temas.

El objetivo de este capítulo es identificar, relacionar y justificar los criterios (traducidos a objetivos de la asignatura, datos para la elaboración del programa y datos para la selección de las fuentes de estudio y de consulta) que suministren los elementos de finalidad orientadora de tal "mecanismo".

I.—INTRODUCCION

1.— INTRODUCCION

1.1.— A MODO DE SINTESIS HISTORICA

El ordenador electrónico tiene una historia corta y agitada. Nacido hace menos de 30 años en cuna de la mejor estirpe universitaria, muy pronto se echó al mundo de la industria y de los negocios y ha generado uno de los más espectaculares movimientos en casi todas las actividades humanas: científicas, administrativas, industriales, comerciales, sociales, artísticas... Actualmente se enfrenta con un proceso incipiente, pero generalizado, de resistencia e incluso de reacción; el mundo, según qué sectores, se plantea dos clases opuestas de preguntas: con miedo, ¿sustituirá el ordenador al hombre? ; con rencor, ¿no habremos mitificado excesivamente al ordenador?

1.1.1. Cuando uno repasa, con propósito de curiosidad más que con ánimo de investigación, algunos de los numerosos informes sobre la prehistoria (Elgozy, 1970) o sobre la historia de los ordenadores electrónicos (Davous, 1970-71; Bell/Newell, 1971) resalta una cadena de nombres de pensadores, matemáticos, físicos e ingenieros. No hay duda: el origen de los ordenadores es el pensamiento, localizado allá por los últimos 30 y principio de los 40 en las universidades. No resulta difícil imaginarse aquella época, análoga a cualquier otra en que se gestan ideas nuevas e importantes: calor, pasión, ebullición por los

pasillos, los despachos, las aulas, los laboratorios; personajes como Von Neumann, Eckert, Mauchly, Shannon, Wiener, Turing, Zuse, Couffignal, Aiken, Wilkes..., unos con sus ideas y otros con sus realizaciones, trabajando en centros de vanguardia como las universidades de Harvard, de Pennsylvania, el M.I.T., de Cambridge, de Manchester, de Princeton, o en los Laboratorios Bell.

La creación, el desarrollo y posteriormente la metodología y aplicación de los ordenadores proceden de la aportación y conjugación de muy diversas disciplinas, actuando el ordenador, a su vez, de catalizador y modificador de éstas. Resultan especialmente atrayentes (Sáez, 1970 (1)) —por referirse a sus orígenes modernos— sus relaciones con las teorías de autómatas y de la conmutación, de la información, de la codificación, del control y con la Cibernética (Fuchs, 1969) (esta última, como es bien conocido, intenta agrupar y generalizar teorías desarrolladas en distintos campos de especialidad: mecánica estadística, teoría de la información, teoría del control... (Couffignal, 1969)). De esta época de predominio de las ideas creativas, que puede calificarse de apasionante, podemos sintetizar lo siguiente:

- a) Aportación de energía intelectual de la más alta calidad (*) al servicio de un objetivo: engendrar el primer ordenador electrónico. Detrás, alimentando esta energía, están los presupuestos militares.
- b) Materialización de los primeros ordenadores electrónicos (entre los años 1945 y 1947) (**), sin que les acompañe la correspondiente teoría de los ordenadores, carencia que casi 30 años después persiste.

(*) Como dice Carrel "al principio de su historia, más que en su apogeo, una ciencia necesita mentes superiores" (Carrel, 1953).

(**) (Elgozy, 1968) recoge que, realmente, el primer ordenador electrónico llamado Z-4 fue construido por F. Zuse, en la Escuela Técnica Superior de Charlottenburg (Alemania). Este es un hecho poco divulgado.

1.1.2. La época siguiente se caracteriza porque el control pasa a manos de la industria, que produce, perfecciona y comercializa los ordenadores. Predomina la tecnología y el motor es el negocio. Pasaremos rápidamente sobre ella, anotando sólo estos rasgos:

- a) La industria de los ordenadores se convierte en la tercera en volumen y si las estimaciones se confirman, igualará o superará en 5 años a la industria del automóvil, pisando los talones a la del petróleo (Elgozy, 1968). Su actuación se ejerce sobre un mercado absorbente (*), pero las características del negocio son extremadamente críticas y singulares (**).

(*) Absorbente, pero con tendencia a estabilizarse en el ritmo de expansión o tasa de crecimiento del parque de hardware (tasas en nº de ordenadores instalados que han pasado de 1959 a 1969 de 39 a 19 % en U.S.A. y de 53 a 26 % en Europa Occidental; tasas en valor para el mismo período de 39 a 24,5 % en U.S.A. y de 56 a 34 % en E.O.). (Margulic, 1970).

(**) El mercado tiende a estabilizarse en su expansión y también la industria de los ordenadores busca un cierto grado de estabilidad. La competencia entre las empresas constructoras es de lo más feroz, lucha que se extiende por encima de las naciones, acarreado con frecuencia repercusiones políticas. La industria de los ordenadores está catalogada como industria *nueva*, debido a que se basa sobre un conocimiento técnico innovador que sólo poseen unas pocas naciones; sus problemas de financiación y de captura de mercados han provocado fusiones, absorciones de unas empresas por otras, acuerdos, etc., cuyos detalles pueden encontrarse en la bibliografía, de la que es recomendable leer el capítulo "The computer industry in an international setting", con referencia (Harman, 1971). En realidad, esta obra no contiene todos los sucesos, puesto que de 1971 acá han seguido produciéndose, pero presenta a cambio un interesante modelo aplicable a todas las industrias *nuevas* y un análisis de la industria de los ordenadores.

Resumimos a continuación las características económicas más peculiares de la industria (Honeywell Bull, 1973):

1. Cifra total de negocio anual, unos 1.300×10^9 pesetas.
2. Inversiones en investigación y desarrollo características de una industria *nueva*: alrededor de 65×10^9 pesetas. Las inversiones por constructor son independientes de su volumen de mercado.
3. Financiación de una actividad de alquiler que alcanza al 80 % de la producción; en otras palabras la industria cubre, en parte, la inversión de sus clientes.
4. Necesidad de invertir fuertemente en producción de una extensa gama de productos, debido a la estructura típica del mercado.
5. Expansión excepcional, que multiplica el impacto de las causas 2 a 4, inclusive. Tasa media de crecimiento anual de aproximadamente 15 %.
6. Presencia de un constructor que, por sí solo, controla un 67 % del mercado mundial, agudizando todas las circunstancias anteriores.

- b) La tecnología da pasos de gigante. Citemos solamente la tecnología electrónica de los circuitos lógicos: su velocidad se multiplica por 10 cada 10 años, su fiabilidad se multiplica por 10 cada 10 años, su coste se divide por 10 cada 5 años. (Boulaye, 1971).
- c) La evolución técnica se produce a un ritmo vertiginoso. El esfuerzo organizado de miles de especialistas modifica de tal y tan continuado modo la fisiología y las posibilidades de los ordenadores, que podría decirse que el parecido, no solamente externo sino estructural, de cualquiera de los ejemplares hoy en uso con uno de los de la primera época sería pura coincidencia (Bell; Newell, 1971, 1º, 2º y 3º cap.). Hay que anotar, sin embargo, que esta evolución, cuyo sentido intentaremos desentrañar más adelante, se opera por refinamientos de las ideas básicas iniciales a las que nos gusta llamar los *pilares de Von Neumann*.

1.1.3. Parece que múltiples indicios emergentes desde hace pocos años y esporádicamente en Estados Unidos, pero que de un tiempo a esta parte vienen menudeando tanto en aquel continente como en Europa, señalan que se asiste a los albores de una nueva época de signo muy diferente a las dos anteriores y que hemos representado por las dos interrogantes del primer párrafo. Ya existe una abundante bibliografía, en donde, con la mayor variedad de matices, desde artículos sensacionalistas o simplemente superficiales que científicamente son despreciables, pero que sociológicamente no lo son en absoluto, hasta estudios serios y competentes, o al menos realizados por personas competentes, se plantean las dos preguntas mencionadas. Como botón de muestra citaremos algunas publicaciones recientes (Ballé, 1972; Elgozy, 1972; Sáez, 1971 (1); Mumford, 1972; Moch, 1971; Sáez, 1973 (1)). Nada ilustra tan significativamente los rasgos que aquí reseñamos como el hecho incontrovertible de que ninguna de las casas constructoras que controlan el mercado de ordenadores se atreve a

anunciar oficialmente (*) una 4ª generación de ordenadores. Lo cual no implica que éstos no sigan evolucionando, sino que su evolución ha de estar marcada por criterios considerablemente distintos.

1.1.4. El siguiente cuadro resume los párrafos anteriores.

| EPOCA (años aprox.) | SIGNO | CARACTERÍSTICAS MUY SOBRESALIENTES | GENERACIONES | CENTRO DE INTERESES EN CUANTO AL ORDENADOR | OBJETIVOS | LOCALIZACION |
|------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|--|------------------------------------|----------------------|
| 1935-50 | CREACION | INTELIGENCIA 1ª LINEA MATERIALIZACION 1ºs ORDENADORES | GENERACION BASE, SIN NUMERO | GESTACION | RESPONDER A UN DESAFIO INTELECTUAL | UNIVERSIDADES |
| 1950-70 | EXPANSION, EUFORIA | 3ª INDUSTRIA MUNDIAL AVANCES TECNOLOGIA EVOLUCION TECNICA | 1ª, 2ª, 3ª | DESARROLLO | NEGOCIO | EMPRESAS FABRICANTES |
| 1970- | EXAMEN DE CONCIENCIA, RACIONALIZACION | PREGUNTAS: ¿sustituira el ordenador al hombre? ¿no se habrá mitificado excesivam. al orden.? | ? | UTILIZACION | RACIONALIZAR EL USO DEL ORDENADOR | USUARIOS |

(*) A pesar de que se han producido años atrás artículos premonitorios intentando extrapolar el futuro (Opler, 1967; Amdahl, 1967) o nuevas empresas de ordenadores queriendo irrumpir en la industria con productos originales (Rakoczi, 1969).

1.1.5. Del cuadro deducimos las siguientes ideas, con objeto de poder utilizarlas posteriormente.

La etapa de desarrollo o evolución está conformada por:

- LAS IDEAS BASE (PILARES DE VON NEUMANN) DE LA 1ª ETAPA
- LA TECNOLOGIA
- LAS FUERZAS ECONOMICAS

A este campo de fuerza hay que añadir un nuevo grupo, que llamaremos:

- LAS FUERZAS DE RACIONALIZACION

1.1.6. Y por último, una constatación en relación con el protagonista de la historia y protagonista también de esta Cátedra.

Es importante subrayar que: **NO EXISTE UNA TEORIA DE LOS ORDENADORES.**

1.2.— ¿EXISTE UNA CIENCIA DE LOS ORDENADORES?

Hace tiempo que nos venimos haciendo esta pregunta que, si para cualquier persona dedicada profesionalmente a trabajar con ordenadores tiene interés, resulta de vital importancia para quien ocupa buena parte de sus horas en enseñar a los demás qué son los ordenadores.

A nuestro juicio existe el nombre de "Ciencia de Ordenadores", pero no la ciencia (*). Si miramos a los Estados Unidos, donde se

(*) La acepción más corriente de ciencia es la que establece la Real Academia Española de la Lengua: cuerpo de doctrina metódicamente formado y ordenado, que constituye un ramo particular del humano saber.

crearon casi todos los primeros ordenadores y donde radica el centro de la industria mundial de los ordenadores, nos encontramos con los siguientes hechos, que cualquiera puede comprobar:

- a) Si uno examina sucesivamente y con algún detenimiento varios "currícula" de universidades importantes, y fija su atención en aquellas materias que figuran bajo el epígrafe de COMPUTER SCIENCE u otro similar (*), podrá certificar honestamente que la probabilidad de coincidencia entre dos cualesquiera de ellos es prácticamente cero, contra lo que pudiera parecer tras una observación superficial.
- b) Las editoriales de libros técnicos y científicos publican, salvo rarísima excepción, una serie bajo el nombre casi genérico de Computer Science, dirigida siempre por una o varias personalidades de dicha "ciencia". Pues bien, mírese el índice de una de estas colecciones y contémplese la más desorientadora gama de títulos y contenidos.

Es de suponer que el pragmatismo norteamericano agrupa bajo el nombre más frecuente de Ciencia de los Ordenadores todas aquellas disciplinas, tanto teóricas como prácticas, que contribuyen al diseño, construcción y/o utilización de los ordenadores, incluyendo todo lo referente a la misma utilización de éstos. No obstante, la comunidad científica de la informática se pregunta **¿qué es la Ciencia de los Ordenadores?** Reciente está un artículo del Presidente de la I.F.I.P. (**), cuyos propósitos, que recoge Salton (Salton, 1972) en la revista J.A.C.M., la más prestigiosa en este dominio, se traducen en la deli-

(*) (Seletzky, 1967) Puesto que la informática es, al tiempo, una ciencia nueva y síntesis de anteriores disciplinas y puesto que los establecimientos docentes son diversos e independientes, no es sorprendente que la terminología anglosajona en materia de informática sea aún fluctuante: se encuentran más de diez denominaciones distintas para los mismos cuerpos de conocimiento (Computer Science, System Engineering, Systems Analysis, Information Processing, Data Processing, Information Science, Information Systems Science, Computer Oriented Mathematics, Applied Science, Applied Mathematics, Computer Science and Systems...). Existe también Computer Engineering sobre la que nos extendemos en el apartado 5.1

(**) International Federation of Information Processing.

mitación de cuatro áreas principales de problemas centrales a la Ciencia de los Ordenadores. Hemos de tomar tales propósitos como un intento de orientación para la formulación de cuatro teorías correspondientes:

- a) *Teoría de la programación.*
- b) *Teoría de la organización de los procesos y de los procesadores.*
- c) *Teoría de la descripción de procesos y estructuras en términos adecuados al procesador.*
- d) *Teoría de las aplicaciones del ordenador, tanto numéricas como no numéricas.*

INFORMATICA es una palabra acuñada en Francia, por fusión de INFORMación y AutoMATICA, que ha obtenido rápido éxito en España. Su inventor (el inventor de la palabra) la define así: "TECNICA del tratamiento automático y racional de la información, soporte de los conocimientos y de las comunicaciones del hombre" (Dreyfus, 1970). Sin embargo, la Academia Francesa de la Lengua (1967) dice: "CIENCIA del tratamiento racional, principalmente por máquinas automáticas, de la información, considerada como el soporte de los conocimientos y comunicaciones en los terrenos técnico, económico y social".

Las definiciones parecen querer dar a entender que sólo se refieren a *la utilización* de los ordenadores, e incluso no necesariamente de los ordenadores. Pero Dreyfus aclara más adelante que "la informática cubre el conjunto de técnicas y de la metodología para la construcción de esos mecanismos complejos llamados ordenadores. La informática se interesa tanto en la misma naturaleza de la información que le sirve de materia prima como en los métodos que permiten el tratamiento y en los recursos a que hay que acudir para efectuar dichos tratamientos. La informática, interviene, por sus áreas de aplicación, en todas las actividades del mundo moderno".

Con estas aclaraciones y dejando a un lado la discordancia entre *técnica* y *ciencia* en las definiciones de Dreyfus y de la Academia, puede asegurarse una coincidencia completa entre cualquiera de ellas y el uso práctico que de la denominación Computer Science se hace en los Estados Unidos. Dicho con otras palabras:

1.2.1. "Ciencia de los Ordenadores" e "Informática" son denominaciones equivalentes, con una definición dada por la Academia Francesa, para designar a un amplísimo conjunto abierto de disciplinas y actividades que no constituyen una ciencia.

1.3.—EL ORDENADOR, INSTRUMENTO CENTRAL DE LA INFORMATICA

De la misma manera que, en Medicina, por imposibilidad de elaborar una teoría única y coherente del hombre físico, se recurre a dicotomías simplificadoras pero inexactas, en Informática, salvando todas las distancias, se hace algo parecido. Se da, por ejemplo, una división de la misma en cinco ramas distintas, con su correspondiente explicación detrás (Dreyfus, 1970):

- Informática formal y analítica.
- Informática física y tecnológica.
- Informática metodológica.
- Informática sistemática y lógica.
- Informática aplicada.

1.3.1. *La Informática formal y analítica es la más cercana a las Ciencias Exactas. Comprende la búsqueda de algoritmos concebidos para resolver, con ayuda de ordenadores, los problemas de análisis matemático, de estadística, de investigación operativa. Forman también parte de ella la teoría de autómatas, la teoría de la decisión y la teoría de la información.*

1.3.2. *La Informática física y tecnológica estudia los fenómenos físicos, los componentes y los subconjuntos electrónicos, mecánicos o electromecánicos, que permiten la realización material de los sistemas*

informáticos. Las tecnologías de memoria, los elementos de conmutación, los dispositivos de entrada de datos y de salida de resultados, y los materiales de transmisión de datos se conciben y realizan en esta rama, de la que también forman parte el estudio de la fiabilidad de los sistemas y de los componentes.

1.3.3. La Informática metodológica *comprende el estudio de los métodos de programación y de explotación de los sistemas informáticos. Este importante sector estudia lo que engloba el vocablo software. En lo que se refiere a la vertiente de utilización hay que incluir también la formación. La informática metodológica se interesa en la teoría de los lenguajes formales, en el estudio de las estructuras informacionales (listas, arborescencias, ficheros, etc...), en la definición de los lenguajes de programación, en la concepción de compiladores y sistemas operativos, en el estudio de diversos modos de explotación y en la realización de monitores apropiados.*

1.3.4. La Informática sistemática y lógica *estudia la organización y la estructura macroscópica de los sistemas informáticos en los que intervienen los ordenadores y sus órganos periféricos, redes de comunicación, así como las relaciones de estas máquinas con sus usuarios. La arquitectura lógica de estos sistemas comprende la descripción de las funciones detalladas que deben realizar los diversos componentes de estas máquinas, la determinación de su interdependencia, pero no la realización tecnológica de estas funciones.*

1.3.5. La Informática aplicada *determina los campos en que esta técnica puede o podrá aportar mejoras cualitativas y cuantitativas en los otros campos de la actividad humana. La informática se utiliza hoy día en la investigación científica y técnica, en la gestión de las empresas y de las administraciones, en la defensa, en la aeronáutica y en lo aero-*

espacial. Penetra día a día en la medicina, en la educación, en el derecho y en las ciencias humanas. Mañana tendrá su sitio en la vida cotidiana. (Sobre problemas e implicaciones de la informática aplicada ver apartado 4, más adelante).

A nosotros esta clasificación nos parece discutible en muchos puntos, aunque nuestro rechazo personal se debe al hecho de no verle utilidad práctica excepto para esta Memoria. Si la hemos traído aquí es para poder escribir la siguiente proposición:

1.3.6. La asignatura de Ordenadores Electrónicos del plan de estudios 1964 de la ETSIT no puede incluir ninguna de las disciplinas que se sugieren en los puntos 1.3.1. y 1.3.5., todas ellas referidas a lo que se hace y cómo se hace CON AYUDA DE ORDENADORES, pero no a los ordenadores en sí mismos.

Eventualmente, pero no sistemáticamente, pueden tocarse algunos temas de dichas ramas, a fines didácticos o para delimitar mejor los rasgos de identidad de los ordenadores.

Está claro que el elemento central, el instrumento de la informática, es el ordenador. ¿Puede hacerse el estudio de este instrumento, como queremos, independientemente de sus aplicaciones, independientemente de las disciplinas que han contribuido a su gestación y posterior evolución? En el punto 1.1.6. hemos afirmado que *no existe una teoría de los ordenadores* y nos referíamos a una teoría que permita diseñar y/o describir a un ordenador como instrumento, en el sentido actual de "sistema muy complejo que, en lo estructural, es una organización de componentes funcionales en la cual, muy aproximadamente sólo la función realizada por estos componentes es relevante en cuanto al comportamiento de todo el sistema" (Simon, 1969).

Puesto que no hay una teoría, al menos es necesario encontrar una identidad dinámica de los ordenadores que, dentro del espíritu de sistema complejo, permita transmitir a nuestros alumnos una imagen de los mismos profunda, real, sistemática, duradera y autoforma-

tiva. Todo lo contrario de una yuxtaposición sin criterio válido de temas entresacados de las disciplinas encuadradas en los puntos 1.3.2., 1.3.3. y 1.3.4.

1.3.7. Las características de una identidad descriptible y potente de los ordenadores deben formar parte de un cuadro de criterios de selección para dotar al contenido de esta cátedra de una finalidad.

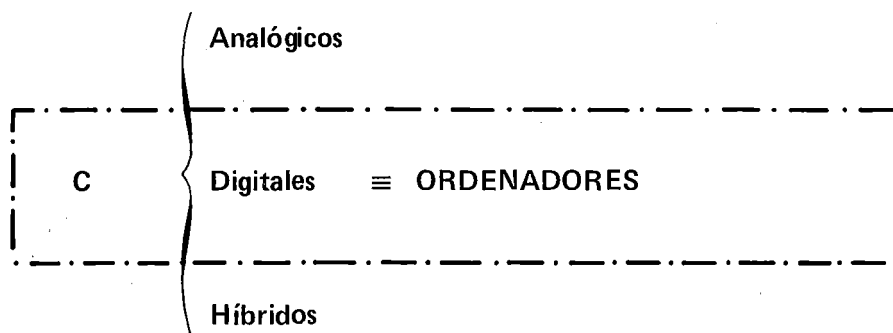
1.4.— UNA CUESTION SEMANTICA... O, SIMPLEMENTE, CLASIFICATORIA

Hay una diversidad de denominaciones en cuanto a las máquinas electrónicas de cálculo o de tratamiento de la información. Tan pronto se llaman ordenadores —ésto es lo que se viene haciendo a lo largo de esta Memoria y hora es de justificarlo— como computador o computadora, calculador o calculadora. Este hecho es muy fácil de comprobar por el procedimiento ya indicado en el apartado 1.2., es decir, echando una sencilla ojeada a distintas publicaciones, libros, revistas, ponencias, etc...

Nosotros mismos hemos participado en varios comités (auténticos "petits comités") con científicos españoles muy distinguidos en este campo, e incluso siendo muy pocos los presentes se ha dado la circunstancia de que cada uno ha utilizado en sus intervenciones vocablos diferentes —concretamente *calculadora*, *computador* y *ordenador*—, sin tropezar con problemas de entendimiento. Recientemente se ha publicado un libro en castellano, traducción nuestra de uno francés (Meinadier, 1973), y para dar satisfacción a las diversas escuelas denominatorias hemos optado por emplear *indistintamente las denominaciones "computador o computadora digital", "calculador o calculadora digital", "máquina" y "ordenador"*. Sin embargo, para el título se ha escogido "computador digital", a causa de que, previéndose su difusión en Iberoamérica, era necesario reconocer que los

vocablos "computador" o "computadora" son los de uso corriente al otro lado del Atlántico. La razón evidente es la proximidad física y de influencia técnica de los Estados Unidos. En cambio, el vocablo "ordenador", igual que el de "informática", es de origen francés y por ello casi desconocido allá.

Esto nos lleva a aclarar un error de interpretación que se produce corrientemente, incluso entre personas muy impuestas en informática, y que tiene fuerte relación con la asignatura de esta Cátedra: llamar genéricamente "ordenadores" a las tres categorías establecidas de máquinas calculadoras. Los calculadores-as o computadores-as, que llamaremos C, se clasifican en tres categorías:



donde la clase de los híbridos ostenta una amplia variedad de elementos que oscilan en características desde un extremo, representado por los calculadores analógicos, hasta el otro, de los digitales (Sáez, 1969, 70, 71, 72). Pues bien:

1.4.1. Solamente es correcto denominar ORDENADORES a los computadores-as, calculadores-as digitales. Calculador digital, calculadora digital, computador digital, computadora digital y ORDENADOR son denominaciones estrictamente equivalentes.

Implícitamente, por el uso, se entiende que con ellas nos referimos a máquinas cuyo soporte digital es el binario.

La asignatura de ordenadores considera sólo a la clase de las máquinas digitales binarias y quedan fuera de su estudio, por consiguiente, las clases analógica e híbrida.

Parece que el vocablo *ordenador* (ordinateur) fue inventado por el científico francés Jacques Perret (Elgozy, 1968). Viene definido por el Littré, y también por el Petit Larousse: "Calculador aritmético compuesto por un número variable de unidades especializadas y que permite efectuar, sin intervención humana, complejos conjuntos de operaciones aritméticas y lógicas".

La correcta interpretación del vocablo *ordenador* exige entonces atenerse a la proposición limitativa 1.4.1.

Con esto, es justo aclarar que en el apartado 1.2., donde se habla de Informática, hubiera sido mejor escribir, y así deberá leerse entre líneas, calculador en lugar de ordenador para hacer figurar en el cuadro de instrumentos centrales a todos ellos. Es evidente que la enorme diferencia de difusión a favor de los ordenadores, respecto de las otras categorías, y la orientación nominativa de la asignatura junto a esta aclaración semántica, disculpan suficientemente esta licencia.

II.— LOS AMBITOS DEL ORDENADOR

2.— LOS AMBITOS DEL ORDENADOR

El ordenador puede situarse simplistamente en dos ámbitos que, en cuanto al criterio de finalidad, son muy diferentes:

2.1. — EI AMBITO DE DISEÑO, allí donde se concibe y construye; por tanto la finalidad es el propio ordenador.

— EI AMBITO DE APLICACION, allí donde se utiliza; por tanto la finalidad es el servicio que el ordenador puede prestar, y éste un medio.

Estas son denominaciones que, según creemos, somos los primeros en proponer y sugieren dos grandes ámbitos (*) en que un mismo elemento es contemplado bajo ópticas distintas: los aspectos relevantes y las zonas de interés del ordenador difieren, a veces sensiblemente, en uno y otro. En la realidad difieren más de lo aconsejable, razón por la cual se hace visible la aparición histórica en escena (ver cuadro 1.1.4.) del segundo de los ámbitos, caracterizado por una intención evidente y conminatoria de afinar una óptica que ponga claramente de manifiesto aquellos aspectos del ordenador que atañen a su uso racional.

(*) Dicotomía simplificadora pero muy útil para explicarse ciertas orientaciones.

Estudiar el ordenador en el ámbito de diseño implica, como hemos dicho más arriba, el montaje de una óptica específica, que pone de relieve detalles de interés discutible en el ámbito de aplicación. La proposición inversa también es cierta. Pero cierto es también que, debiendo ser ambos ámbitos comunicantes, existirán aspectos que, si bien en distinta forma y profundidad, convendrían ser conocidos en uno y otro. Un par de analogías puede ayudar a comprender esta idea. Un automovilista corriente *no necesita* poseer conocimientos de mecánica, *pero* obtendría mejor provecho de su automóvil si los tuviera y saldría de algún que otro apuro. Viceversa, un mecánico de taller no tiene necesariamente que saber conducir, pero si sabe, él mismo podrá verificar mediante un paseo rodado la bondad de su reparación. Por el contrario, una persona dedicada al estudio de problemas de tráfico, o de problemas de contaminación, o de seguridad de los automovilistas, *debe* poseer un conocimiento muy especializado y técnico del automóvil, para poder proponer críticas consistentes y quizá soluciones. Viceversa, las personas que diseñan automóviles *deben* estudiar muy técnicamente los problemas de circulación, de seguridad o de contaminación, para introducir en sus diseños las características necesarias para alcanzar un compromiso aceptable entre los requerimientos ideales desde la óptica natural del ámbito de diseño y los requerimientos que plantea una óptica, cada día más precisa, del ámbito de aplicación.

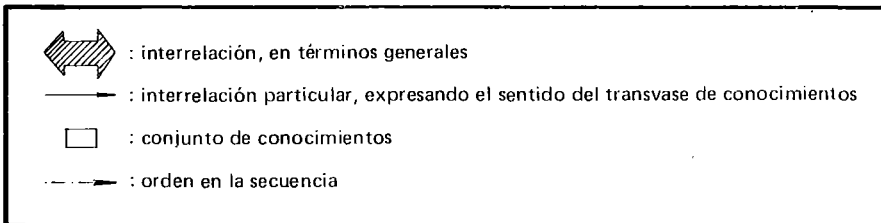
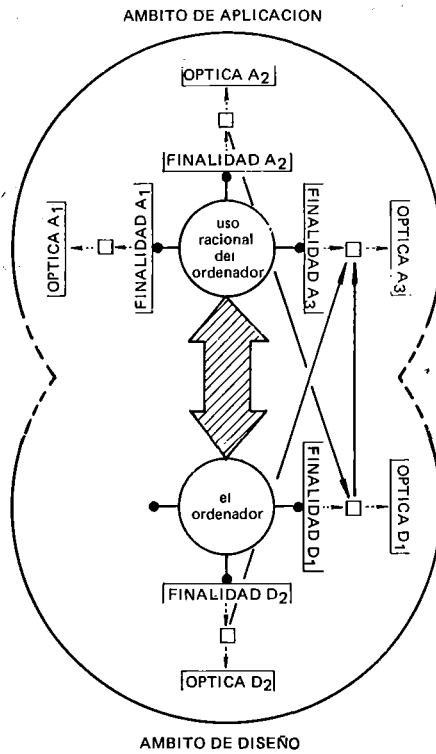
2.2. El símil anterior nos hace comprender intuitivamente la existencia de diversos grados en cada uno de los ámbitos, correlables con diversas finalidades profesionales de los individuos en su relación con el ordenador y, por consiguiente, con diversas ópticas de contemplación del mismo.

De interés para nosotros (recordar proposición 1.3.6.):

2.3. Desde luego, el conocimiento técnico sobre el ordenador-instrumento reside en el ámbito de diseño, y es en él, en cualquier ca-

so, donde habrá que situarse para extraer lo necesario a cada una de las finalidades profesionales del ámbito de aplicación y, en particular, lo que llamábamos en 1.3.7. las características identificatorias de los ordenadores.

2.4. Resumen de las proposiciones 2.1., 2.2. y 2.3.



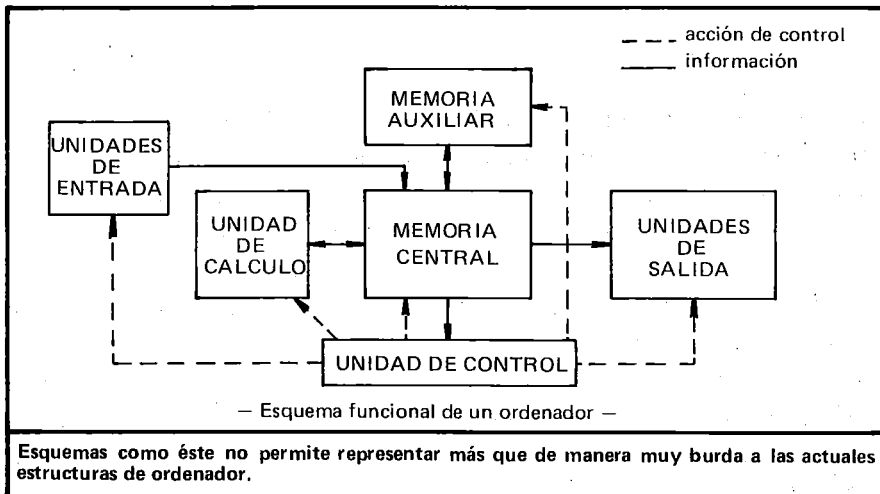
III.— MODELOS DESCRIPTIVOS DEL ORDENADOR (AMBITO DE DISEÑO)

3.— MODELOS DESCRIPTIVOS DEL ORDENADOR (AMBITO DE DISEÑO)

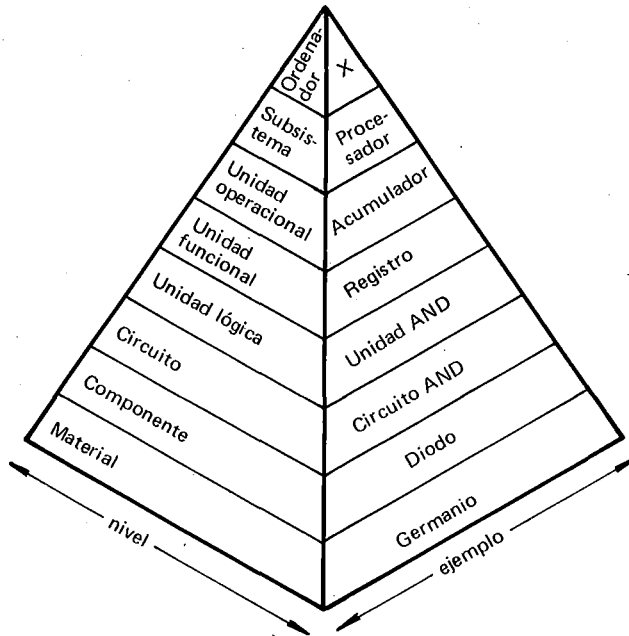
3.1.— LA PIRAMIDE DE FLORES

Situados ya en el ámbito de diseño, es urgente declarar que los esquemas en que se ha venido basando el estudio de los ordenadores hasta fechas muy recientes difícilmente permiten realizar este estudio, salvo a niveles muy superficiales. Tales esquemas son producto de una óptica anticuada, visiones excesivamente simplificadas de las complejas estructuras hijas del estado actual de la técnica.

3.1.1.



La pirámide que vemos a continuación es un modelo de representación jerarquizada por niveles de detalle de un ordenador genérico, publicado en un libro muy conocido (Flores, 1967). Se basa en la existencia de 5 subsistemas o funciones específicas: Memoria central,

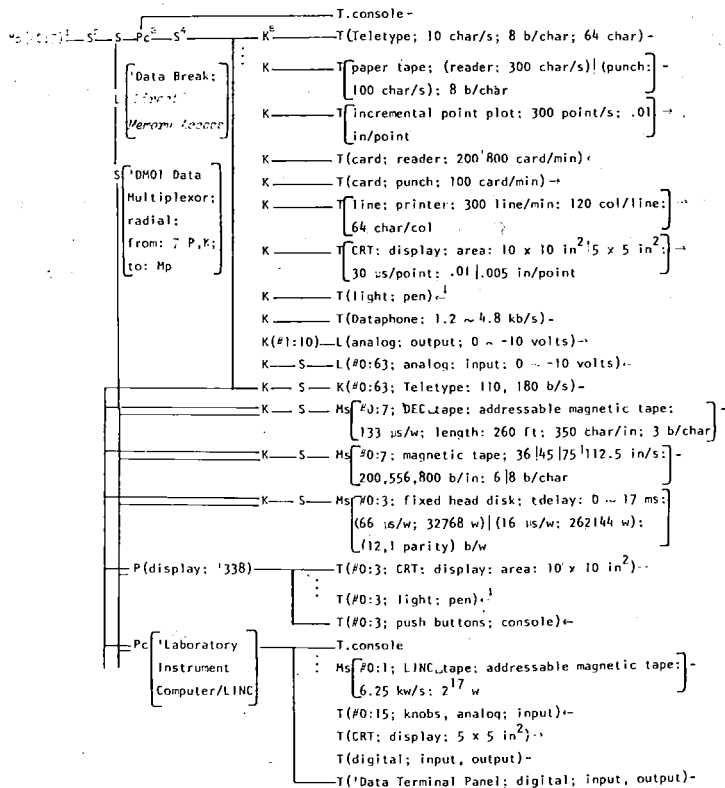
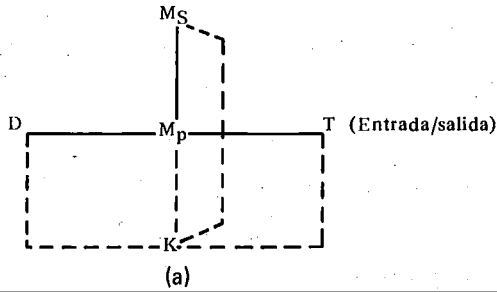


unidad de cálculo, unidad de control y unidades de entrada y/o de salida, pero el gran, el desagradable inconveniente es que *ya no existen solamente 5 funciones específicas y que éstas que aquí se citan no se encuentran centralizadas, sino distribuidas por todo el ordenador.*

El modelo y el esquema anteriores son demasiado pobres para dar cuenta de la mayoría de los conceptos y técnicas de 10 años a esta parte, a pesar de lo cual siguen siendo la base de la mayoría de textos y de muchos cursos sobre ordenadores. No es necesario molestarse en aducir razones contra ellos. Bastaría simplemente con plantear unas sencillas preguntas:

- ¿Cómo situar en ellos una memoria local construida sobre soporte R.O.M.?
- ¿Y el dispositivo de topografía de memoria en una memoria virtual, o el mismo concepto de memoria virtual?
- ¿Y un procesador de entradas/salidas con control y con memoria propios?
- etc.

Es obvio que los elementos de tal modelo no deben utilizarse como instrumento para una observación realista de los ordenadores actuales. Véase, si no, la muestra en el cuadro 3.1.2.; 3.1.2. (a) representa al ordenador del esquema 3.1.1., utilizando la terminología propuesta por Bell y Newell en 1971, mientras que en (b) se representa, con la misma terminología, a un ordenador de muy pequeño tamaño, cuyo origen data de los años 1965-66.



- (a) Esquema 3.1 representado mediante terminología de Bell/Newell.
 (b) Esquema de ordenador pequeño con misma terminología, reproduciendo el diagrama original.

3.2.— C. GORDON BELL Y CIA.

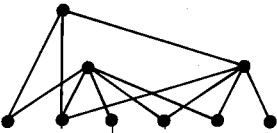
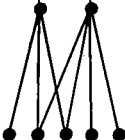
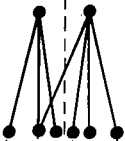
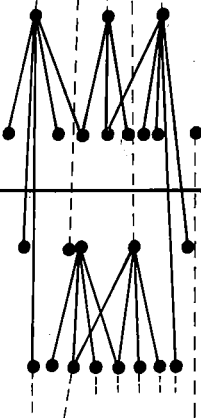
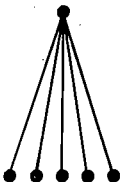
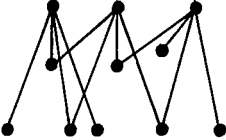
Las características identificatorias que buscábamos en la proposición 1.3.7. del conjunto de instrumentos especificado en la proposición 1.4.1. no pueden por ahora basarse en mejor modelo que en los niveles descriptivos propuestos por los profesores Bell y Newell, de la Universidad Carnegie-Mellon, en un extraordinario libro (Bell; Newell, 1971). Vamos a resumir aquí sus principales ideas, en especial sobre los niveles ISP y PMS, de reciente publicación, aún no completamente formalizados, poco difundidos, pero ciertamente entre los primeros de una familia de lenguajes diseñados para describir o definir sistemas con muy variados grados de complejidad, tamaño y diversidad.

Los cuatro o cinco niveles no son formas diferentes de expresar un mismo contenido, sino que cada uno procede de una abstracción de los niveles inferiores y responde a una distinta finalidad. Encontramos que los ordenadores son sistemas que constan de niveles múltiples y jerárquicamente organizados de subconjuntos que, a su vez, contienen a otros subconjuntos de orden inferior (*).

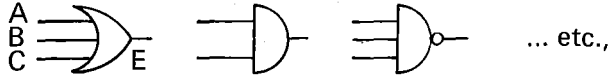
Un sistema, a cualquier nivel, queda caracterizado por un conjunto de componentes, por las propiedades de éstos y por un conjunto de posibles combinaciones de los mismos, todo lo cual determina su comportamiento.

Los niveles de circuito y de diseño lógico son familiares a los especialistas en electrónica y en electrónica digital, respectivamente, o a los de lógica, si se mira el último en su vertiente formal.

(*) Utilizaremos aquí el vocablo y el concepto de "sistema" en este sentido y por ello lo aplicaremos a cualquier nivel o subconjunto, con independencia de su orden.

| | | | | |
|---------------------|---|---|---|--|
| NIVEL DISEÑO LOGICO | NIVEL PMS | ESTRUCTURAS: Red/N, ordenador/C COMPONENTES: Procesadores/P, memorias/M, conmutadores/S, controles/K, transductores/T, operadores de datos/D, interconexiones/L |  | |
| | NIVEL PROGRAMACION | ESTRUCTURAS: Programas, subprogramas COMPONENTES: Estados (células memoria), instrucciones, operadores, controles, intérprete |  | |
| | SUBNIVEL REGISTRO-TRANSF. | ESTRUCTURAS: Unidad aritmética COMPONENTES: Registros, transferencias, controles, operadores de datos (+, -, etc.) |  | |
| | SUBNIVEL CIRCUITOS CONMUTACION SECUENCIAL SUBNIVEL COMBINACIONAL | ESTRUCTURAS: Contadores, controles, transductor secuencial, generador de función, conjuntos de registros COMPONENTES: Flips-flops, Biestables RS, JK, D, T, latch, etc. ESTRUCTURAS: Codificadores, decodificadores, conjuntos de transferencias, operadores de datos, selectores, distribuidores, redes iterativas COMPONENTES: AND, OR, NOT, NAND, NOR | <div>  <div> NIVEL SISTEMA POR ESTADOS  COMPONENTES: estados, entradas, salidas </div> </div> | |
| NIVEL CIRCUITO | | ESTRUCTURAS: Amplificadores, retardos, atenuadores, multivibradores, relojes, puertas, diferenciador COMPONENTES ACTIVOS: Relés, tubos de vacío, transistores COMPONENTES PASIVOS: Resistencias/R, capacidades/C, inductancias/L, diodos, líneas retardo |  | |

Cualquiera de ellos permite expresar sin ambigüedad la estructura y el comportamiento en una forma gráfica y simbólica. Por ejemplo, un circuito combinacional puede ser representado mediante un diagrama con dibujos como



interconectados de una determinada forma, o mediante un conjunto de ecuaciones con letras A, B, C, E..., conectadas por operadores +, ., etc... Esto en cuanto a su estructura. Su comportamiento puede describirse gráficamente por cronogramas de todas las variables que juegan un papel en la estructura considerada, o bien por tablas, llámense tablas de verdad, tablas de Karnaugh u otras.

3.2.2. Los niveles de circuito y lógico —combinacional o secuencial— no son exclusivos de la tecnología de los ordenadores, pero forman la base de diseño de sus partes electrónicas.

3.2.3. En términos generales, un determinado nivel explica el comportamiento de una cierta estructura, mientras que el nivel inmediatamente superior toma a aquel como un dato (componente o primitivo). El nivel superior no se ocupa del comportamiento interno de los componentes, sino de cómo combinar éstos entre sí para obtener un determinado comportamiento.

3.2.4. Se pasa de un nivel a otro cuando la información que produce aquél ya no es relevante. Parece, pues, normal que en la práctica se de una correlación fuerte entre nivel descriptivo y especialización profesional, ya que, realmente, los contenidos de los niveles descriptivos no son otra cosa sino especialidades técnicas. El especialista de nivel n no necesita conocer de los niveles inferiores a n más que un cierto número (proposición 3.2.3.) de propiedades relevantes a su tarea.

Un ejemplo: para analizar el comportamiento de una unidad aritmética al subnivel RT no es imprescindible conocer precisamente cómo son sus registros, de qué tipos de biestables están compuestos y muchísimo menos la estructura exacta de cada uno de éstos, o el comportamiento en el tiempo de todos los componentes activos y pasivos, o incluso, profundizando más, las características físico-químicas de los materiales de que se han construido los transistores; aunque cada uno de estos detalles haya sido relevante para otro especialista.

Estas consideraciones, que constituyen el fundamento de la organización racional del trabajo, pueden aplicarse rotundamente al campo de los ordenadores en el ámbito de diseño. La propia complejidad de un ordenador impone algo así como una jerarquía de especialistas, en donde la iniciativa del control y de la comunicación procede normalmente de arriba abajo.

Dentro del nivel de diseño lógico está el subnivel RT, específico de los ordenadores. Sus componentes son registros y transferencias funcionales entre registros. Las operaciones de los sistemas de este nivel consisten en combinaciones de los contenidos de varios registros según alguna regla, y almacenamiento de los resultados en otro registro (verbigracia, en una instrucción indexada la adición del contenido del registro P, contador de programa, con el de un registro cualquiera de índice X, seguido de transferencia al registro de selección en memoria central, para obtener la dirección efectiva de un operando).

Especificar el comportamiento de sistemas RT se reducirá a dar un conjunto de expresiones, por analogía con las ecuaciones booleanas del nivel secuencial, descriptivas de las condiciones bajo las cuales se efectuarían las transferencias.

3.2.5. Lo cierto es que hay que lamentar todavía la falta de un lenguaje o modelo suficientemente admitido, a pesar de recientes y valiosos esfuerzos, en el nivel "registro - transferencia". Que el nivel existe, y que su importancia es grande en el campo de los ordenadores, lo demuestran los intentos de los especialistas en lógica, cuyas herra-

mientas analíticas básicas son los circuitos combinacionales y secuenciales, por diseñar y/o describir sus diseños a este nivel.

En parte, esta tendencia puede deberse a la mayor complejidad de los diseños, en parte a la evolución tecnológica de los circuitos, que frecuentemente se fabrican como piezas que son ya, en sí mismas, verdaderos sistemas funcionales (Digital Logic Handbook, 1971, por ejemplo) y, en parte, al deseo o a la necesidad de conseguir una mayor eficacia del ordenador en el ámbito de aplicación, eficacia más medible en términos RT, por ejemplo, que en términos de los valores de salida en una tabla lógica.

3.3.— INTRODUCCION A LOS NIVELES DE PROGRAMACION Y PMS

La inexistencia de una teoría del ordenador, recogida en la proposición 1.1.6., se refleja en todos los niveles superiores, como es lógico, puesto que son los niveles específicos a este campo de la técnica. Análogamente al nivel RT, los niveles ISP y PMS existen, pero los lenguajes que los describen no están completamente formalizados (*). Se aspira a que estas notaciones se conviertan en herramientas básicas de trabajo en manos de los correspondientes especialistas. Ya en su estado actual son útiles en funciones de comunicación: escribir especificaciones de nuevos ordenadores, facilitar el entendimiento entre vendedores y compradores sobre las características del producto, estandarizar los manuales de programación, etc. Pero el objetivo último es conver-

(*) Recientemente, Barbacci y otros han dado a conocer un avance de sus trabajos que extienden la capacidad de la notación ISP a la representación estructurada y formal de prácticamente cualquier diseño en los niveles de programación, RT y de conmutación. Los autores esperan producir programas capaces de analizar diseños, simularlos e incluso de realizar determinadas actividades de diseño (Barbacci et al., 1972). También puede servir de ejemplo el lenguaje AHPL, *A Hardware Programming Language*, un subconjunto del APL (Hill; Peterson, 1973).

tirlas en lenguajes formales, conductores de los procedimientos de análisis y síntesis (*).

3.3.1. El nivel de programación describe la dinámica del tratamiento de la información y la estructura de la misma. El nivel PMS describe la estructura "fluídica" del sistema físico que soporta el tratamiento de la información, pero abstrayéndose de éste.

Los componentes del nivel de programación son un conjunto de memorias y un conjunto de operaciones. Las memorias contienen estructuras de datos. Las operaciones toman varias estructuras de datos como entradas y producen nuevas estructuras de datos, que también residirán en memorias. El nivel provee la representación acerca de cómo combinar componentes, es decir, de cómo especificar qué operaciones ejecutar sobre qué estructuras de datos. Es el programa.

El nivel de programación representa la acción de los ordenadores de una manera secuencial y esencialmente lingüística. Se distingue con absoluta nitidez del nivel lógico y responde al conjunto de necesidades de un determinado nivel de especialización. Así, por ejemplo, un programador que escribe "IR A BETA SI ACUMULADOR NEGATIVO" no necesita generalmente saber que unos circuitos lógicos realizan la transferencia del campo de dirección del registro de instrucción al contador de programa, después de validar dicha transferencia mediante una operación *and* con el contenido de un biestable que contiene el signo del acumulador.

Los componentes del nivel PMS son procesadores de varios tipos, conmutadores, memorias, operadores, etc., cuyas características operativas más importantes se refieren a capacidades y caudales medidos en términos de bits (o dígitos, o caracteres, o palabras). Contempla al ordenador más como un sistema compuesto de elementos ligados en un ordenamiento funcional jerárquico, a la manera de una planta

(*) Actualmente, en una tesis de doctorado que desarrolla bajo nuestra dirección, Alabau describe una nueva arquitectura de ordenadores a base de operadores especializados (Alabau, 1972, 1973) mediante el modelo PMS.

química, que como un lugar donde se realicen complicados programas de cálculo sobre matrices de datos. El ordenador es observado a través de una óptica que ofrece a nuestros ojos el fluir de la información (considerada sin significado, sin relación programática), su transformación y su almacenamiento. Permite estudiar las posibilidades físicas de un ordenador y es por ello que el nivel PMS aparece como un instrumento que decanta los esfuerzos y los deseos de muchos especialistas de diseño de sistemas en su vertiente de configuración física del sistema informático.

3.4.— NIVEL PMS

Las siglas PMS proceden de *Processor, Memory, Switch*, que son tres de los más caracterizados componentes del sistema ordenador, tal como aparece considerado a su nivel "fluídico". Existen siete componentes básicos o primitivos, cada uno de los cuales realiza un tipo de operaciones, piezas elementales que en la práctica podrán combinarse según un conjunto de posibilidades, función de sus características concretas:

3.4.1. MEMORIA, M. Es un componente que retiene o almacena información (es decir, unidades de información, unidades *i*) a lo largo del tiempo. Sus operaciones son leer unidades *i* de la memoria y escribir unidades *i* en la memoria. Toda memoria que almacene más de una unidad *i* debe comportar, asociadamente, un sistema de direccionamiento, por medio del cual pueda seleccionar una unidad particular. Puede también considerarse a una memoria como un conmutador a un cierto número de submemorias. Las unidades *i* no se modifican en modo alguno al ser almacenadas en memoria.

INTERCONEXION, (Link; L). Es un componente que transfiere información (unidades *i*) de un lugar a otro en el sistema ordenador.

Tiene puertas fijas. Su operación consiste en transmitir una unidad *i* (o una secuencia de unidades) desde una puerta a otra del componente. Excepto el cambio de posición espacial, no se produce ninguna otra modificación en las unidades *i*.

CONTROL, K. Es un componente que activa las operaciones de otros componentes en el sistema. Todos los demás componentes son considerados como consistentes en un conjunto de operaciones discretas, cada una de las cuales, al ser activada, realiza alguna transformación discreta de estado. Con la excepción de un procesador, *P*, el resto de componentes es esencialmente pasivo, por lo que requiere algún agente activo (un *K*) para entrar en período de actividad.

CONMUTADOR, (Switch, S). Es un componente que construye un enlace entre otros componentes. A cada conmutador va asociado un conjunto de enlaces posibles y sus operaciones consisten en tender algunos de estos enlaces y cortar otros.

TRANSDUCTOR, T. Es un componente que modifica la unidad *i* utilizada para codificar un determinado significado. El cambio puede afectar al soporte (p. ej. niveles de tensión a flujo magnético, o niveles de tensión a perforaciones en una tarjeta de cartulina), o a la misma estructura de la unidad *i* (p. ej. bits en serie a bits en paralelo). Los componentes *T* preservan el significado, pero no necesariamente la información (en el sentido del número de bits).

OPERADOR DE DATOS, D. Es un componente que produce unidades *i* con nuevos significados. Este tipo de componente realiza todas las operaciones con datos, p. ej. operaciones aritméticas, lógicas, de desplazamiento, etc.

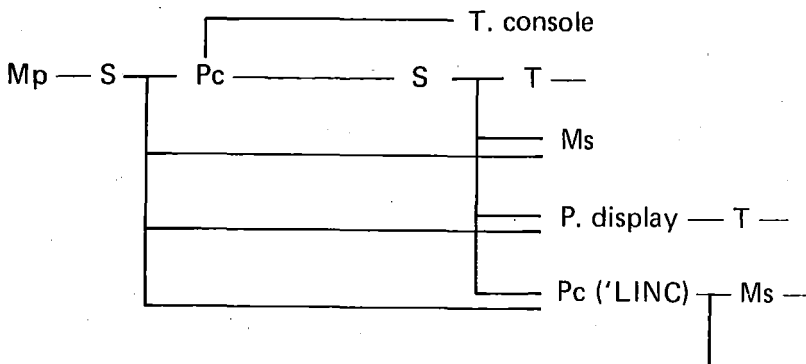
PROCESADOR, P. Es un componente capaz de interpretar un programa en orden a la ejecución de una secuencia de operaciones. Consiste en un conjunto de operaciones de los tipos ya mencionados —*M*, *L*, *K*, *S*, *T* y *D*— más el control necesario para obtener instrucciones de una memoria e interpretarlas como operaciones a ejecutar.

La distinción de 7 componentes básicos, cada uno caracterizado por el tipo de operaciones sobre una unidad básica y abstracta de información *i*, resulta fructífera en extremo porque resalta nítidamente

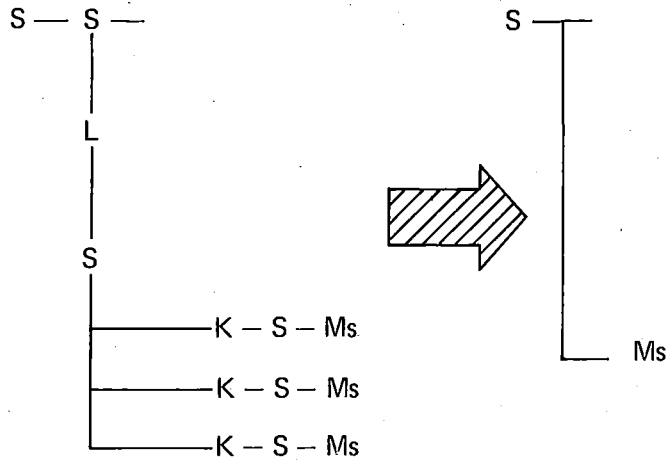
otras tantas categorías funcionales distintas entre las clásicas e intuitivas de comunicación, control y transformación.

Una idea preside este nivel de notaciones: poder describir un sistema constituido por un conjunto de **componentes** interconectados, que son dispositivos individuales, cada uno de los cuales comporta asociado un conjunto de **operaciones** que actúan sobre un medio de **información**, normalmente medido en bits. Su interés se centra en el análisis de las cantidades de información en cada componente, de los flujos de información entre componentes y de la distribución del control que activa estos flujos.

La utilización del nivel PMS puede hacerse según diferentes grados de detalle, de acuerdo a la finalidad del momento, aunque esta versatilidad implica en cada caso el reconocimiento de la función principal del componente de cara al resto del sistema. Así, p. ej., un órgano puede representarse simplemente por una K, si su función principal es control, o puede describirse con mayor detalle representando su estructura, que puede quizá estar compuesta por operadores de datos (D) para cálculos de direcciones o para detección y corrección de errores; por transductores (T), para modificar los niveles de las señales lógicas y la anchura del flujo de la información; por memorias (M), de servicio a los componentes D, T y K y de buffer; y por último, por un gran control que coordina las actividades de los demás componentes. Aún se comprenderá mejor con un ejemplo concreto y gráfico; el ordenador de la figura 3.1.2. (b) también puede describirse con un grado inferior de detalle de la manera siguiente:



esquema mediante el cual es posible establecer una buena primera toma de contacto con la estructura de dicho ordenador, a través de simplificaciones válidas como la que representamos a continuación:



en donde queda patente la existencia de una conmutación desde un procesador central a una o más memorias secundarias, pero no se dan informaciones acerca de la estructura de la conmutación ni de las memorias secundarias.

La notación PMS permite salir del callejón sin salida que materializábamos por la pirámide de Flores, sobre todo en lo concerniente a la estructura de comunicaciones y control. La figura 3.1.2. (b), e incluso su esquema simplificado, nos dicen mucho sobre el grado de concurrencia de las distintas unidades, principalmente con la memoria principal y el procesador central. Conceptos confusos, como el de *canal*, no tienen lugar en un esquema PMS.

3.4.2. Debemos subrayar una vez más que, desde una perspectiva PMS, es dado conocer la capacidad de trabajo de un sistema ordenador

en términos abstractos y absolutos, pero para obtener este mismo conocimiento en términos concretos y relativos sería preciso integrar en este o en otro nivel la estructura del Sistema Operativo y, finalmente, la estructura de los programas y datos sometidos a tratamiento. Desgraciadamente, en cuanto a estos últimos aspectos la técnica informática se muestra aún subdesarrollada.

3.5.— NOTACION ISP

Desarrolla los siguientes puntos:

| | |
|--|--|
| Declaración de memoria | <ul style="list-style-type: none"> Estado del Procesador Estado de la Memoria Principal Estado del pupitre del procesador |
| Formatos y Operadores | <ul style="list-style-type: none"> Formato de las instrucciones Formatos de los tipos de información y Operación con datos especiales Proceso de cálculo de la dirección efectiva |
| Interpretación y Ejecución del Conjunto de instrucciones | <ul style="list-style-type: none"> Proceso de interpretación de instrucciones Conjunto de instrucciones y proceso de ejecución de instrucciones |

La notación ISP, sobre la que no nos extendemos aquí, no constituye un nivel distinto sino que describe la interfase entre los niveles de programación y RT, representando todos los componentes de PMS en términos del nivel RT. Existe una descripción ISP de cada

componente PMS e inversamente, las declaraciones ISP implican estructuras particulares de componentes PMS.

3.6.— DIMENSIONES TECNICAS DEL ORDENADOR (GUIA PARA LA MATERIA A ENSEÑAR)

De manera análoga a como sabemos situar un lugar geográfico en el globo terráqueo, conociendo su latitud y su longitud, sería deseable saber situar e identificar cada modelo de ordenador en relación con el conjunto de todos los ordenadores construidos. Cada una de las coordenadas de este espacio o conjunto formaría lo que hemos llamado una de las dimensiones técnicas del ordenador y todas ellas (supuesto conocido su significado profundo) nos suministrarían suficientes y rápidos datos acerca de la función, estructura y rendimiento del mismo. La existencia de un modelo teórico completo del ordenador nos daría ese juego precioso de coordenadas, que no habrían de ser sino los mismos parámetros del modelo. Para suplir esta carencia, Bell y Newell (Bell; Newell, 1971) proponen y justifican un número restringido de dimensiones, que facilitan la localización aproximada de cualquier ordenador hasta la fecha. La tabla 3.6.1. traduce literalmente la tabla de dimensiones del capítulo III del ya citado libro de Bell y Newell.

Nomenclatura

| | |
|-----|--------------------------------|
| Pc | Procesador central |
| Pio | Procesador de entradas/salidas |
| io | Entradas/salidas |
| C | Ordenador |
| | ó (disyuntiva) |
| / | relación |

3.6.1.

| FUNCION DEL ORDENADOR | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| Científico | | | | |
| Gestión | | | | |
| Control | | | | |
| Comunicaciones | | | | |
| (conmutación / concentración) | | | | |
| Control de ficheros | | | | |
| Terminal | | | | |
| Tiempo compartido | | | | |

| TECNOLOGIA DE LA LOGICA | GENERACION | FECHA HISTORICA | VELOCIDAD Pc (seg) | COSTE/OPERACION (\$/bit/s) |
|---|------------|-----------------|--------------------|----------------------------|
| Mecánica | | | | |
| Electromecánica | | 1930 | 10^{-1} | 1000 |
| (Fluidica) | | (1970) | 10^{-2} | |
| Tubo de vacío | Primera | 1945 | 10^{-3} | 10 |
| Transistor | Segunda | 1958 | 10^{-5} | 1 |
| Híbrido | | 1964 | 10^{-6} | |
| Circuito integrado/IC | Tercera | 1966 | 10^{-7} | 0.1 |
| Integrada de media a gran escala: MSI~LSI | ¿Cuarta? | ¿197-? | 10^{-8} | 0.01 |

| LONGITUD PALABRA | BASE | TIPOS DE INFORMACION |
|------------------|----------------|-------------------------------------|
| 8 b | binaria | palabra entero (dirección / entero) |
| 12 b | decimal | bit vector de bits |
| 16 b | | instrucción |
| 24 b | | coma flotante |
| 32 b | | carácter |
| 48 b | | cadena de caracteres |
| 64 b | carácter (6 b) | vector de palabras |
| | carácter (8 b) | vector |
| | | matriz |
| | | arrays |
| | | listas, pilas |

| DIRECCIONES/INSTRUCCION | ESTADO DE MEMORIA DEL PROCESADOR (excluyendo contador programa) |
|---|---|
| 0 direcciones (pila) | pila |
| 1 dirección | 1 acumulador |
| 1 + x (índice) direcciones | acumulador y registros índice |
| 1 + g (registros generales) direcciones | |
| 2 direcciones | |
| 3 direcciones | estado no explícito |
| n + 1 direcciones | |
| determinarlo por lenguaje | |
| compuesto | |
| microprogramado | |

| ESTRUCTURA PMS | CONMUTACION | FUNCION PROCESADOR |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 1 Pc | 1:n (duplex) | P. microprogr. |
| 1 Pc (interrupción) | | Pc |
| 1 Pc - n Pio | n:m (multiplex de tiempo) | Pc (no io) |
| 1 Pc - n Pio - P (display) | | Pio |
| 2 C (duplex) | 2:n (dual-duplex) | P. display |
| n Pc (multiprocesamiento) | n:m punto de cruce | |
| n Pc - P (array (algoritmo especial)) | | P. array |
| n Pc (procesamiento paralelo) | | P. mov. vectores |
| C (red) | | P. algoritmo |
| Red | n/2:n/2 (sin jerarquía) | P. lenguaje |

| ALGORITMO ACCESO | CAPACIDAD MP | CAPACIDAD MS | VELOCIDAD MP (b/s) | VELOCIDAD MS (b/s) |
|-------------------|--------------------|---|--------------------|--------------------|
| lineal (pila) | | | | |
| lineal (cola) | | | | |
| bilineal | | | | |
| Cíclico-aleatorio | | cinta mag. (grande) | | > 10^5 |
| | | disco (medio) hoja mag. (grande) foto almacén | | |
| Cíclico | tambor (grande) | tambor (pequeña) | > 10^6 | |
| Aleatorio | núcleos (media) | núcleos (menor) | > 10^7 | > 10^7 |
| Por contenido | película (pequeña) | | > 10^8 | |
| Asociativo | circuito integrado | | > 10^9 | |

| CONCURRENCIA Mp | COMUNICACION INTERPROCESOS |
|---|---|
| 1 Programa | subrutinas |
| 1 Programa con interrupciones | interrupciones |
| 1 Programa con múltiples subprogramas concurrentes (p. ej., 1 Pc-n Pio) | interrupciones interprocesador |
| Monitor o Progr. fijo (M) + 1 programa | extracódigos (operadores programados para llamadas monitor) |
| m + n programas canjeables | |
| m + n programas (multiprogramación) | |
| No reubicación | |
| 1 segmento | |
| 2 segmentos (puro, impuro) | |
| > 2 segmentos | |
| Páginas | |
| m + n segmentos con progr. compartidos | comunicación intersegmentos |
| segmentos paginados, long. fija | |
| segmentos paginados, long. múltiple | |
| segmentos longitud variable | |
| segmentos nominados | |

CONCURRENCIA PROCESADOR

Serie bit a bit
Paralelo por palabras
Múltiples corrientes instrucciones 1 Pc
Múltiples corrientes datos (arrays)
1 buffer p. instrucción
n buffers p. instrucción
memorias anticipativas
Procesamiento pipe-line

IV.— DIMENSIONES EN EL USO DEL ORDENADOR (AMBITO DE APLICACION)

4.— DIMENSIONES EN EL USO DEL ORDENADOR (AMBITO DE APLICACION)

De esta herramienta de la informática se habían instalado ya en el mundo en el año 1969 cerca de 100.000 ejemplares, según un censo de Diebold citado por Margulici (Margulici, 1970). En cuanto a la forma como se distribuyen y evolucionan las categorías de sus aplicaciones, ver el gráfico de la página 61.

Boucher maneja datos ordenados con otro criterio y expresa, utilizando letra especial, la propiedad 4.1. (Boucher, 1971).

4.1.— APLICACIONES DE GESTION/APLICACIONES CIENTIFICAS (VALIDO EN LA EPOCA 1969-1970)

El número de ordenadores dedicados a trabajos de gestión es casi cuatro veces (78 %) superior al de los dedicados a trabajos científicos o técnicos (22 %), aunque el valor de los primeros es proporcionalmente inferior (66 % contra 33 %).

El criterio seguido por Bauvin es el de cuantificar el volumen de trabajos de una u otra categoría, no el número ni el valor monetario de los ordenadores, por lo que, si tenemos en cuenta que Bauvin clasi-

fica en la categoría *d* aplicaciones tales como *documentación automática y bancos de datos, reserva de plazas, informática médica y aplicaciones militares*, que comportan de por sí una importante carga de programas de gestión, sus datos apoyan de manera suficiente la propiedad 4.1. para que podamos considerarla como fiablemente expresiva de un estado de hecho. Poco importa que estas cifras sean discutibles, ya que lo que interesa aquí es su orden de magnitud, trascendental cuando nos dicen que tal potencia de cálculo, de tratamiento de datos y de esfuerzo humano está siendo reconocidamente infrautilizada (*). Se analizan las causas y cada autor establece un diagnóstico, aunque son numerosos los que toman efecto por causa. Motivos profesionales nos han llevado a estudiar de cerca el problema y a establecer, e incluso extender por nuestra cuenta las causas como consecuentes con distintos estadios de desarrollo de la informática aplicada (cf. apartado 1.3.5.). Distinguimos tres y hasta cuatro ¿por qué no? estadios que, como luego veremos, no son sino dimensiones, planos o vertientes, de una misma y simultánea realidad.

(*) Vamos a analizar esta cuestión aclarando antes que, si bien de la lectura de los próximos párrafos pudiera interpretarse superficialmente que nuestra postura frente a la informática es negativa y parcial, lo que ocurre en realidad es todo lo contrario: convencidos de la fuerza del ordenador como instrumento de progreso y desarrollo económico y humano, nos esforzamos en su crítica constructiva y orientadora. Se han publicado y discutido un buen número de estudios acerca de la mala utilización de los ordenadores, cuyos resultados cuantitativos no tienen interés aquí, de los cuales los tres últimos parecen ser los que relata Foy (Foy, 1973)

4.1.1.

**EVOLUCION PARQUE ORDENADORES
(DIEBOLD computer census) (*)**

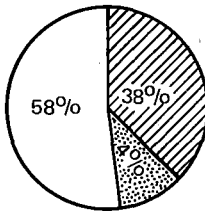
| | 1969 | 1975 (estimado) |
|-------------------------|--------|-------------------|
| Estados Unidos | 56.151 | 110.000 - 170.000 |
| R.F. Alemana | 5.007 | 19.000 - 31.000 |
| Benelux | 1.810 | 7.000 - 11.000 |
| Francia | 3.580 | 14.000 - 30.000 |
| Gran Bretaña | 3.880 | 15.000 - 25.000 |
| Italia | 2.480 | 9.000 - 15.000 |
| Resto Europa Occidental | 2.280 | 8.000 - 16.000 |
| España (**) | 515 | 2.500 (***) |
| Total Europa Occidental | 19.037 | 72.000 - 128.000 |
| Japón | 4.900 | 18.000 - 40.000 |
| U.R.S.S. | 6.000 | ? |

(*) Fuente: Margulici, 1970.

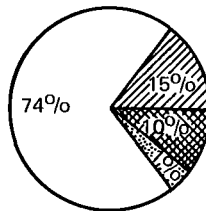
(**) Fuente: Rodríguez, 1971.

(***) Fuente: Servicio Central de Informática. Presidencia del Gobierno (citado por Rodríguez)

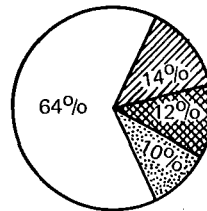
**DISTRIBUCION Y EVOLUCION DE CATEGORIAS
DE APLICACIONES EN U.S.A. (*)**



1958
a = ○



1968
b = ▨ c = ▩



1978
d = ▤

a: administración y gestión

b: cálculos científicos y técnicos

c: control industrial o técnico

d: otros

(*) Fuente: Bauvin, 1970

4.2.— DIMENSION TECNICA

Cualquiera que sea la aplicación (normalmente una mezcla de aplicaciones) el trabajo técnico de su resolución se descompone permanentemente en: una fase de ESTUDIO, que consiste en analizarla, algoritmizarla, describirla en un lenguaje de ordenador, probarla y corregirla sobre éste, y documentarla para posteriores adaptaciones; una fase de EXPLOTACION que consiste en la recogida y control de datos, organización y mezcla de trabajos de ejecución sobre máquina, obtención y difusión de resultados.

Previamente ha habido una fase de CONCEPCION, en la que se ha decidido (o dimensionado) la clase, marca y composición de las máquinas (ordenador y otros equipos, p. ej.: líneas de transmisión y terminales + software y otras ayudas) que encaja mejor con el conjunto y la dinámica de aplicaciones que van a *computadorizarse* y se han instalado e inicializado dichos elementos.

Un ordenador es, después de todo, una fábrica de información. Su materia prima son los datos y el producto acabado es la información elaborada o resultados. Por eso no es despropósito el construir unas analogías fabriles con las fases anteriores:

- 1ª Implantación, montaje o modernización.
- 2ª Elaboración de métodos y procedimientos.
- 3ª Producción y distribución.

En todas estas fases se producen errores y desajustes, tanto más cuanto que es un nuevo tipo de fábrica y los errores se propagan hacia adelante, degradando el rendimiento del conjunto (Sáez, 1972 (3)) si bien sus consecuencias rebotan y golpean como un "boomerang" sobre la informática.

Piénsese en cada una de las actividades descritas en dichas fases. Pues bien, con un poco de experiencia esa lista de tareas, supuesto que se realicen incorrectamente, permite establecer ya un catálogo de errores, que pueden ser tomados como causas de infrautilización. Por consiguiente, un procedimiento para elaborar un catálogo ordenado y completo podría consistir en desmenuzar todas y cada una de las

tareas descritas (y otras que no hemos mencionado) y descubrir y categorizar los fallos que en ellas se pueden cometer. Este trabajo serviría para instruir a los elementos humanos que realizan dichas tareas, que aprenderían así "lo que no hay que hacer". Aunque pueda sonar un poco a broma es precisamente este enfoque, bajo muy diversos aspectos y formas, el que se está llevando a cabo entre los que se dedican profesionalmente a la informática. O dicho con otras palabras, y generalizando quizá en demasía, el nivel de aprendizaje se parece mucho al de condicionamiento de reflejos: "no entro en esa caja porque recibo una descarga eléctrica".

Sería preferible aprender "lo que hay que hacer". ¿Por qué no se sigue entonces esta táctica? Porque —aventuramos nosotros— el breve tiempo de vida de desarrollo de la industria de ordenadores ha impedido que los que se dedican profesionalmente a la informática sean realmente profesionales. Profesionales en el sentido siguiente: "Para Wilensky la profesionalización es un concepto dinámico en la medida en que una serie de ocupaciones se hacen cargo de los requisitos que pueden convertirlas en profesiones y tratan de realizarlas: base técnica, jurisdicción exclusiva, niveles formalizados de aprendizaje, convencimiento por parte del público de que vale la pena confiar en el trabajo de los supuestos profesionales. En el trance de esta realización se deciden determinadas estrategias: formalizar los estudios, a ser posible en la Universidad; constituir una organización profesional; conseguir publicidad y reconocimiento legal; formular un código de ética, etc." (De Miguel, 1973 (1)).

4.2.1. De ahí se deduce que la primera causa global de la falta de rendimiento de la informática es la ausencia casi general de profesionalismo en sus protagonistas. En España tal situación es especialmente dramática, a pesar de que se han instalado ya más de 1.000 ordenadores. Facetas interesantes de recoger en esta Memoria son la debilidad de la base técnica y la inexistencia o estado precario de ni-

veles formalizados de aprendizaje, sobre todo en la Universidad (*). En consecuencia, *el conocimiento técnico es pequeño y establecido sobre pilares movedizos, como son los cursos muy específicos y contingentes que imparten las casas constructoras, y la forma de aplicarlo es empírica e intuitiva.*

4.2.2. Se da el caso de haber avanzado muchísimo en el diseño de ordenadores y nada o muy poco relativamente en su aplicación. Alguien ha calificado esta situación como de exuberancia tecnológica en un área conceptualmente deficitaria (**). Dejando aparte las aplicaciones muy técnicas o científicas, que suelen estar en excelentes manos, pero que en términos cuantitativos relativos de nº de horas de ordenador representan un porcentaje bajo (ver apartado 4.1.1.), los ordenadores son como juguetes caros y complicados en manos de niños que no saben manejarlos. Es de esperar en los próximos años un esfuerzo serio en la búsqueda y puesta a punto de métodos y procedimientos generales y científicos. "La separación, cada vez mayor, existente entre las posibilidades y las aplicaciones, condena a largo plazo a los mismos ordenadores". Esta frase lapidaria de Martzloff, que puede leerse en el magnífico prefacio de una obra recién publicada en español (Honeywell Bull; Warnier; Flanagan; 1973) parece ratificar que un emergente grupo de fuerzas llevan a la informática y a los ordenadores a la nueva etapa que hemos señalado en los apartados 1.1.4. y 1.1.5. Del mismo autor, y refiriéndose a la

(*) La reciente creación del Instituto Nacional de Informática, de nivel no universitario, y la creación de la especialidad de Cálculo Automático en la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense no invalidan la afirmación anterior, dado que su incidencia aún no se ha dejado sentir desde un punto de vista práctico, ni en el ámbito de diseño ni en el de aplicación, que nosotros sepamos. Aún es demasiado pronto.

(**) "Los ordenadores actuales poseen un potencial muy superior al uso que de ellos se hace. De hecho, si se detuviera en estos momentos el desarrollo de hardware y dedicásemos cincuenta años a aprender cómo programar y cómo utilizar las máquinas de hoy y a construir bancos de datos para ellas, conseguiríamos logros que ahora nos parecerían milagros." (Martin, 1969).

informática, ésta "está por descubrir. No ha sido aún objeto de una investigación seria y, a pesar de todo, el desarrollo futuro está condicionado por ella". Más tarde, refiriéndose al ordenador *"una herramienta está verdaderamente a punto cuando las exigencias de su funcionamiento desaparecen frente a las exigencias de su utilización"*. Nuestra firme adscripción a estas tendencias se ha plasmado hasta ahora en la labor concreta de planear, dirigir y controlar la implantación por un grupo de informáticos educadores en nuestro país de una metodología científica de programación, publicada bajo la referencia que acabamos de citar.

4.2.3. De las actividades correspondientes a las fases de la informática aplicada, las que técnicamente exigen un conocimiento más profundo del ordenador y de sus componentes son: toda la fase de concepción y la organización y mezcla de trabajos de ejecución sobre máquina (Explotación).

4.3.— DIMENSION ECONOMICA

Aunque no se ha mencionado, uno de los factores primordiales de decisión en la fase de diseño es el precio de los equipos. Normal, sólo que el precio de los equipos, aunque elevado, no es todo el coste de la informática, detalle que no se sabe o se olvida.

Pasados los primeros tiempos, tiempos efusivos de contemplación y subyugamiento técnico, se han empezado a echar cuentas y, en cierto modo, a aplicar a la informática duros criterios de rentabilidad (auditoría informática, análisis coste/eficacia, etc.). El razonamiento podría ser éste: puesto que el tratamiento práctico de la información es un proceso fabril, totalicemos lo que cuesta y lo que produce y veamos si el balance es beneficio o pérdida. Razonamiento impecable, pero difícil de aplicar porque la información elaborada no es un

producto fácilmente evaluable; a veces ni siquiera puede reducirse a términos monetarios (*). Si se toma la información como un elemento que recorre el sistema nervioso de una organización, su adecuado tratamiento por medios automáticos, potentes y rapidísimos, deberá vivificar, flexibilizar, extender, mejorar el trabajo de las distintas partes de dicha organización y por ello coadyuvar al logro de objetivos progresivamente más importantes (Sáez, 1973 (1)). Según nuestro modo de ver, lo que produce el ordenador debiera evaluarse globalmente en relación con la mejora de los beneficios (no necesaria y directamente en términos económicos, ya que aquéllos pueden ser científicos o de otra clase característica de la organización) y en contraste con otras alternativas posibles.

4.3.1. Sobre coste recogemos las cifras siguientes (Moch, 1971) facilitadas por el Diebold Research Program en 1970:

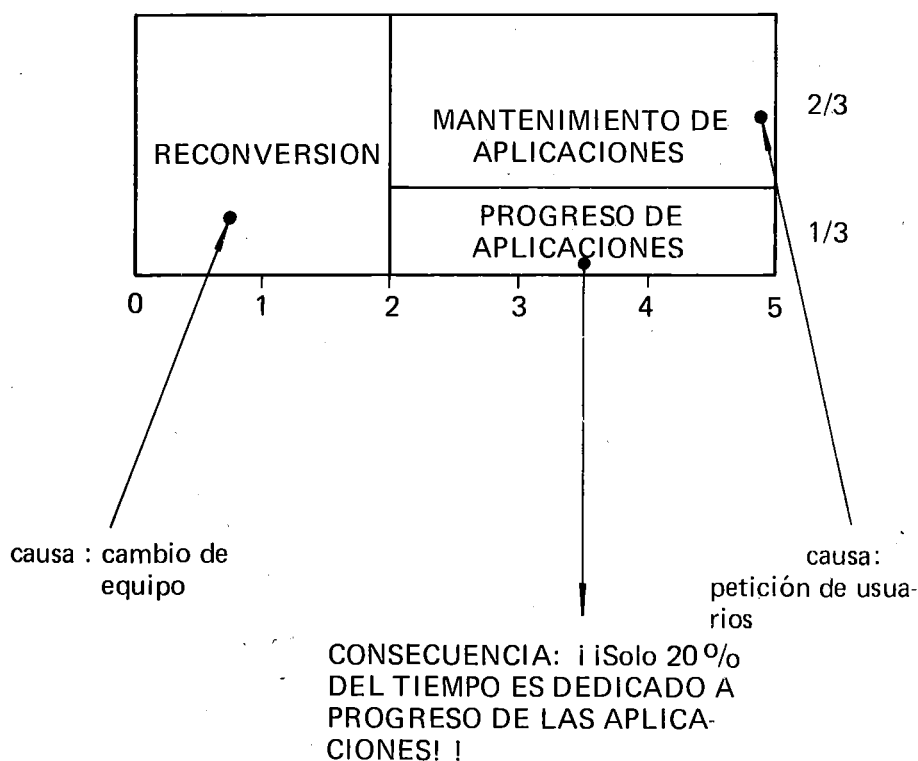
Coste Informática del 0,5 al 1,5 % cifra de negocios
distribuido así:

| | |
|------------------------------|------|
| Alquiler/Compra Equipos | 44 % |
| Gastos Explotación | 31 % |
| Gastos Programación/Análisis | 25 % |

(*) Si esto es difícil al nivel de una organización, qué decir al nivel de una región o de un país. Por modo de ejemplo, la "computadorización" eficaz de buen número de tareas administrativas debe provocar, entre otras cosas, y en buena lógica, un descenso de las necesidades en personal administrativo en los próximos años. Esto es, desde luego, un problema de índole social, pero también de índole económica que debe ser contemplado por el planificador, ya que sería necesario prever la transformación del personal sobrante y una adecuada orientación de los que en este período ingresarán en la población activa hacia tareas productivas no burocráticas. Reflexionando sobre las líneas anteriores nos damos cuenta de que las relaciones causa-efecto se convierten en maraña y que la evaluación depende críticamente del punto de la maraña en que uno se sitúe.

¡Atención! el coste del equipo supone menos de la mitad del coste total.

4.3.2. ¿Qué hacen los señores del ordenador con ese dinero? La revista Informatique et Gestion nos dice en qué actividades consumen el tiempo considerado como período medio de obsolescencia (5 años) de un ordenador (Informatique et Gestion, 1972).



4.3.3. En los apartados 4.3.1. y 4.3.2. tenemos, en cierto modo, lo que cuesta y lo que produce la informática, o al menos, unos indicadores estadísticos. No es extraña la llegada de una revisión económica. Los señores del ordenador, sin alcanzar el grado de profesionalismo y

sin embargo subyugados por la máquina, intentando comprenderla y dominarla, no han tenido mucho tiempo de ocuparse de nada más (*). Los resultados no han sido brillantes y por ello ahora soplan "moles-tos" aires que exigen rentabilidad.

Los errores en la dimensión técnica han propulsado la emergencia de una dimensión económica, pero en varios aspectos reales parece como si ésta se produjera más a la manera de una censura inquisitorial que como una ayuda inteligente. Es de temer que los especialistas económicos pasen a predominar sobre los especialistas técnicos, en lugar de concebir juntos soluciones sintéticas (ver 4.4.2. (*)).

4.4.— DIMENSION SOCIOLOGICA

Voces se han levantado ya que resaltan la importancia de otro nivel de consideración en que el acento se pone sobre el hombre, sobre el grupo o sobre la organización respecto de la informática (dentro y fuera de ella). De estas voces empiezan a sistematizarse las de algunos psicólogos y sociólogos que estudian desde su óptica el impacto de esta segunda revolución industrial.

(*) En gran parte han sido y son víctimas, pues a menudo se encuentran inmersos en situaciones donde la guerra está perdida de antemano. Su error es no saberlo u olvidarlo. Convencidos de la potencia del ordenador y rodeados de las expectativas míticas del resto de la organización creen frecuentemente poder superar las carencias metodológicas de ésta, mientras que lo normal es al revés: Condición necesaria aunque no suficiente es que **la informática sólo puede ser eficaz y rentable en el contexto de una estructura racional**. El tradicional déficit de métodos científicos de gestión es amplificado monstruosamente por el ordenador. Esta es la razón más poderosa (por encima de la mejor adaptación del órgano a la función) de que el rendimiento objetivo sea estadísticamente superior en el terreno de las aplicaciones de la ciencia y de la ingeniería, conceptualmente por delante.

Dentro de la informática, los estudios realizados hasta el presente han buscado más que nada los factores de adaptación del individuo, del grupo o de la organización a los fines y trabajos de la informática. Casi puede decirse que estos estudios, perseguidores de la adaptación del elemento humano a la herramienta, y no al revés, deberían encuadrarse, por su espíritu y objetivos, dentro del nivel técnico, si no fuera porque representan el germen de estudios, más importantes humanamente hablando, en que el enfoque se produce justamente a la inversa. Es el terreno de la selección, formación, remuneración y organización humana de los individuos. La bibliografía es abundante (citamos solamente un libro (Weinberg, 1971) (*), una ponencia (Sáez, 1972 (3)) y un artículo (Arvey; Hoyle, 1973) como botón de muestra), pero los resultados muy pobres, cosa lógica puesto que los *"fines y trabajos de la informática"* aún no han sido establecidos de una manera rigurosa.

Con un espíritu sociológico, y realizadas por sociólogos, encontramos investigaciones como la de Ballé y Peaucelle (Ballé; Peaucelle, 1972) en Francia. Es una encuesta sobre un cierto número de organizaciones, que abarca no solamente a los que están dentro de la informática, sino también a los que, estando fuera, se ven afectados por ella. La información es poder y el uso de aparatos automáticos de tratamiento de la información implica, por su misma índole, un desplazamiento y perturbación de las líneas de poder en la organización y por ello crea problemas y tensiones humanas y sociales, entre otros, el famoso mecanismo de la resistencia al cambio (**). *La introduc-*

(*) En verdad es sorprendente cómo, carentes de procedimientos científicos normalizados, los trabajos en informática reflejan las aptitudes, actitudes, personalidad y tensiones de sus autores.

(**) La indudable concentración de poder y de control en el ordenador produce también en las personas mejor predispuestas y preparadas una sensación indefinida como de inseguridad ante lo irreversible. Podríamos comparar esta sensación a la que experimentamos cuando viajamos en avión: es más rápido, más cómodo y por tanto lo preferimos casi siempre como medio de transporte, pero ¡ay —pensamos— si se avería en vuelo! Se dan además y con cierta frecuencia casos de desastre en la seguridad de la informática, bien por defecto de fiabilidad, bien intencionadamente, y se producen, y principalmente se temen, atentados contra las libertades individuales. La moral y la jurisprudencia son ya invocadas a menudo para resolver muchos de los problemas creados por el uso del ordenador.

ción de una nueva tecnología en toda organización humana exige el aprendizaje de nuevos modos de relación. Los modos de ajuste entre los diferentes grupos dependen de las soluciones institucionales para la implantación de la informática. Se produce una confrontación entre la realidad social de una organización y el esfuerzo de racionalización necesario a la informática.

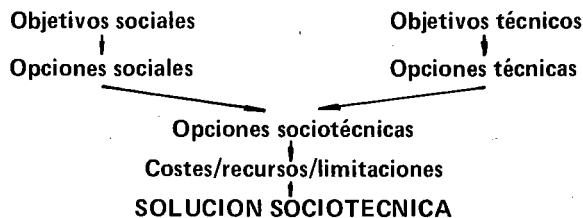
Como vemos, el marco en que se desenvuelve esta encuesta es mucho más amplio que el de búsqueda de una pura eficacia técnica. Con esta perspectiva trabaja la Unidad de Investigación sobre Computadores de la Escuela de Negocios de Manchester de la Universidad del mismo nombre (Mumford, 1970), pero llevando sus conclusiones a la práctica del diseño de sistemas sociológicamente ambientados (*).

(*) Perspectiva que puede caracterizarse muy bien por el texto siguiente: "La pregunta que nos hacen los informáticos no es ya ¿cuáles son los problemas humanos asociados a la introducción de ordenadores? sino esta otra, ¿qué podemos hacer para tomar en cuenta los factores humanos al introducir nuevos sistemas? (Mumford et al., 1972). La respuesta que presenta el grupo de Manchester a la última pregunta es un método, del cual no nos resistimos a recoger sus líneas generales, por considerarlo un intento pionero prometedor.

Las fases sistemáticas del mismo son:

- 1ª Diagnósis del sistema social. Se utilizará como base para las etapas 2ª y 3ª.
- 2ª Desarrollo de estrategias de planificación.
- 3ª Diseño de los sistemas sociotécnicos.
- 4ª Observación y ajuste de los sistemas.
- 5ª Evaluación a posteriori de la eficacia de los productos de las etapas 2ª y 3ª.

Por la importancia que tiene, insistimos en los párrafos que siguen sobre el concepto de **diseño sociotécnico**, engendrado por la hipótesis de que los sistemas con ordenador son más eficaces si se planean, conciben e implementan a la luz de la naturaleza del ambiente social y de las actitudes y expectativas de las personas afectadas. Esta es, en definitiva, una extensión del enfoque del sistema "*hombre-máquina*", que pudiera llamarse sistema "*organización de hombres-máquina*". Mumford esquematiza así la fase de diseño sociotécnico:



4.4.1. Resumiendo lo anterior, encontramos causas de infrautilización y, lo que es peor, de rechazo del ordenador y de la informática dentro del ámbito de aplicación a tres niveles distintos, técnico, económico y sociológico, causas que pueden coexistir. En el futuro, **las tres fases de concepción, estudio y producción** descritas en el apartado 4.2. serán realizadas combinando criterios de tipo técnico, económico y sociológico, y posiblemente en muchos casos por grupos pluridisciplinarios. Esto es lo que se llama **diseño sociotécnico**. Sólo así las decisiones instrumentales se tomarán sobre la base de un conocimiento técnico y humano del instrumento.

4.4.2. Los diseños socio-técnicos, de gran dificultad intrínseca, sólo se generalizarán cuando las personas abocadas a realizarlos, o a tomar decisiones sobre los mismos, estén provistas de un bagaje educativo de índole sociotécnica (*).

4.5.— ¿DIMENSION ECOLOGICA?

Los estudios anteriormente descritos corresponden a etapas sucesivas, surgidas a golpes de experiencia y de observación en la corta vida del ámbito de aplicación del ordenador. Etapas que aparecen

(*) Sobre el tema de los problemas humanos resueltos con mentalidad técnica, tratado en muchas obras sobre la dirección moderna, es interesante un artículo de Elbing (Elbing, 1973). Mucho más antigua, pero aún insuperada, está la opinión de Carrel que, de ser tenida en cuenta, repercutiría sensiblemente en la organización de la vida moderna: "Los rectores de las universidades y sus consejeros no comprenden que los espíritus sintéticos sean tan indispensables como los analíticos. Si se reconociese la superioridad de este género de intelecto, y se alentase su desarrollo, los especialistas dejarían de ser peligrosos. Porque el *significado de las partes en la organización del conjunto sería valorado correctamente*" (Carrel, 1953). (Ver más adelante nuestra formulación de objetivos, apartados 5.4.2. y 5.4.1.).

cronológicamente ordenadas, superpuestas en algún momento, algunas apenas perceptibles, pero nunca integradas en la acción.

Para acabar de completar el cuadro, situemos al ordenador en una perspectiva todavía más general, no sólo en relación con su eficacia técnica, con su rendimiento económico o con su adaptación al individuo, al grupo o a la organización, sino también en relación con la sociedad en general e incluso con la humanidad (*).

"El entorno vital del hombre se transforma progresivamente en un mundo artificial y los instrumentos que lo componen son causa y fruto del progreso, pero no son neutrales. Una buena parte de ellos son complejos y, debido al mismo progreso tecnológico, su uso se extiende por doquier antes de ser bien comprendidos en sí y en sus implicaciones. No existiendo el menor sincronismo entre los progresos tecnológico y social, puede ocurrir que se utilicen, no para contribuir a un avance homogéneo, a un equilibrio saludable con el entorno vital, sino quizá a una interacción perjudicial" (Sáez, 1971 (1)).

El ordenador es un instrumento especial. Podemos contemplarlo como un complemento instrumental del cerebro humano y haciendo un paralelo con el neocortex o cerebro nuevo de la especie, donde se asientan las actividades mentales, producto de la evolución, preguntarnos si en ambos casos ésta no habrá hecho aún sino empezar. (Nuestro cerebro, al igual que el ordenador, posee, según los fisiólogos, unas capacidades de las que sólo sabemos extraer una pequeña porción).

La informática, junto con otras técnicas, en particular las técnicas de comunicaciones, se configura como el soporte de los sistemas nerviosos de la sociedad, al servicio de los lazos económicos y políticos entre naciones o entre grupos geográficamente dispersos.

(*) En este abanico de preocupaciones se movieron las conferencias del curso "Ciencia, tecnología y sociedad" dirigido por el profesor García Santesmases en la Universidad de verano de Santander (Agosto, 1973).

4.5.1. Tan trascendentales implicaciones exigen (ver Sáez, 1971 (1)) y apoyan la necesidad de ir hacia diseños sociotécnicos e incluso utilizar, en ciertos casos, criterios en que se dé absoluta preponderancia a los valores humanos, para no degradar el entorno social y conservar el equilibrio "ecológico" mental.

4.6. Releyendo lo que llevamos escrito en este apartado 4 descubrimos que una Memoria de Cátedra es lugar inmejorable para hacerlo, porque en otro tipo de publicación podría ser juzgado como una pintura poco acertada, pesimista o, cuando menos, pasar desapercibido. Creemos que la clase de consideraciones implícita en los puntos 4.2. a 4.5. reúne todos los ingredientes para incomodar al que sólo quiera una visión parcial y a corto plazo y, por la misma razón, puede y debe ser servida desde una plataforma universitaria, por donde pasan individuos que están probablemente predestinados a ocupar puestos de decisión (ver p. ej., 5.3.2.).

Para concluir esta pintura es necesario poner bien de manifiesto que la gravedad, universalidad y trascendencia de los problemas anticipados (en un orden paralelo de cosas recordemos que el presupuesto para "defensa contra la contaminación del aire, del agua, etc..." es en el III Plan de Desarrollo Español casi tres veces superior al de "investigación y desarrollo tecnológico", y este último incluye el programa de investigación básica y universitaria), junto a la dificultad que entraña su resolución los convierten en un desafío intelectual a la Universidad. Por el momento, la situación que se acaba de describir no ha sido captada en su totalidad ("los árboles no dejan ver el bosque", "el hombre teje y desteje", etc.), ya que hasta las fuerzas de racionalización en desarrollo (ver apartados 1.1.4. y 1.1.5.) se ciñen a los aspectos técnicos (*), también a los económicos, casi nada a los sociológicos y no existen en cuanto a lo ecológico.

(*) En nuestro país un termómetro que mide con precisión hasta qué punto esta afirmación puede que sea benévola son las ofertas de trabajo (apartado "se exige" o "se pide") a especialistas de informática, las actas de Inforprim (Convención Anual de Usuarios de Informática) 1971, 1972 y 1973 y el nivel de la prensa especializada en el sector.

Nos queda como el temor de no haber sido capaces de describir la situación de forma tan clara que pudiera herir la percepción de todos. La espectacularidad y los logros de la informática desvirtúan, como ocurrió con la primera revolución industrial, la auténtica realidad que, si la historia se repite sin que hayamos aprendido la lección, se manifestará con palpable evidencia dentro de unos años, cuando haya que pagar la cuenta de un progreso mal planificado. De ahí la tentación de rematar este apartado con un símil vívido y aleccionador, aunque los matices diferenciales del ordenador puedan ser más sutiles e inaprehensibles: el coche en España.

Dimensión técnica.

Aún no se ha alcanzado la profesionalidad: servicios, talleres, usuarios, todos demuestran falta de profesionalidad. El nivel es bajo, pero va creciendo después de decenas de años. El usuario empieza a manejar algunos detalles técnicos. La circulación es desordenada muchas veces por falta de competencia del conductor.

Dimensión económica

El precio del coche es algo más que su adquisición y la gasolina. Los cálculos a la compra de un vehículo son casi siempre erróneos. Deberán componerse también con la amortización, el seguro, los distintos impuestos, el mantenimiento normal, las reparaciones, el cambio de piezas y accesorios, la pérdida de uso por choques o accidentes, las multas, pagos por estancias y aparcamientos, etc... Resumiendo, el coste real será de 2 a 5 veces lo calculado y a menudo absorberá un porcentaje insostenible de los ingresos familiares. Compárese con el beneficio, "cifrible" según diversos grados de autonomía, expansibilidad y comodidad.

A nivel nacional, consumo inútil de energía y pérdida de numerosas horas de trabajo producidos por bloqueos de la circulación...

Dimensión sociológica.

A pesar de su naturaleza física, tangible y medible, la preocupación en este sentido se ha desarrollado al cabo de 40 ó 50 años. Infraestructura vial incapaz, a pesar de geométricas elevaciones de las inversiones comunitarias, por consiguiente colapso circulatorio e inutilización de las mejoras técnicas en velocidad, ingentes pérdidas de energía, de tiempo y de productividad, desequilibrios nerviosos y de personalidad, mortandad creciente y, al final, la paradójica limitación obligatoria de velocidad...! !

Dimensión ecológica.

Contaminación.

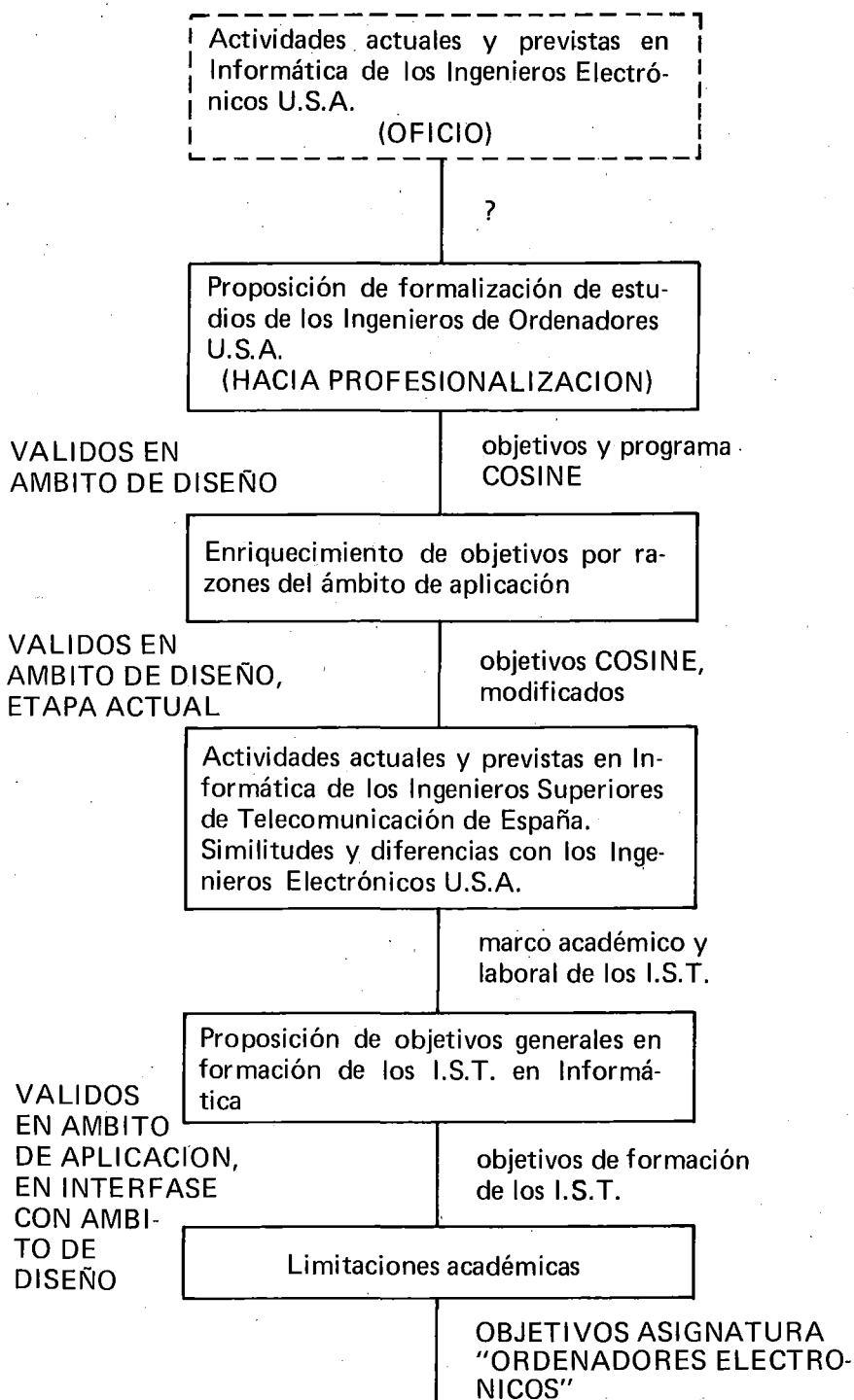
**V.— OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA (ENTORNO
ACADEMICO Y SOCIOECONOMICO)**

5.— OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA (ENTORNO ACADEMICO Y SOCIOECONOMICO)

En esta sección pretendemos formular los objetivos generales de la asignatura, que han de guiar la elección y organización del programa. El proceso de razonamiento sintetizado en el organigrama, consiste en filtrar y enriquecer unos objetivos de formación elaborados por el comité COSINE (Computer Sciences in Electrical Engineering) de los Estados Unidos a través del cedazo constituido por el entorno académico y socioeconómico de esta Cátedra. Lo que puede justificar tal enfoque es, de una parte, la gran similitud de los contenidos de formación entre los Ingenieros Eléctricos/Electrónicos U.S.A. y los Ingenieros Superiores Españoles de Telecomunicación (I.S.T. en el organigrama), validado en este caso por el considerable avance en experiencia y conocimientos en el plano técnico de aquel país; de otra parte, la necesidad, expresada por la proposición 2.3., de buscar en el ámbito de diseño el conocimiento técnico acerca del ordenador-instrumento.

Sin embargo, la realidad española nos muestra una gran diferencia: la actividad de los ingenieros españoles tiene lugar casi exclusivamente en el ámbito de aplicación, lo que obliga a orientar de distinto modo la estructura de su formación.

Además, la realidad mundial en el uso de ordenadores, que hemos intentado esquematizar en el apartado 4, nos lleva a proponer un enriquecimiento en los mismos contenidos y orientación básicos de la formación sobre ordenadores en todos los casos considerados.



5.1.— INGENIERIA DE ORDENADORES; UNA PRIMERA APROXIMACION AL ENTORNO ACADEMICO

Hemos hablado en 3.6. de las dimensiones técnicas del ordenador y de comprender su *significado* para manejarlas con soltura. Comprender algo es como prospectar, tarea que puede hacerse a varios niveles y en distintas direcciones. Una elemental prudencia nos conduce a marcarnos un eje de orientación en el camino de búsqueda del significado de las dimensiones del ordenador, lo que, en buena lógica, equivale a situarnos en parte dentro del entorno académico para eliminar de entrada buen número de posibilidades incoherentes con el mismo.

Miremos primero hacia aquéllos que han explorado ya un buen trozo del mismo camino y aprovechemos de su experiencia lo que convenga. En Estados Unidos el comité COSINE trabaja desde 1965 para dirigir y activar la incorporación formal del ordenador al "currículum" de la ingeniería eléctrica y electrónica (*). Su trabajo es de enorme interés para nosotros y de uno de sus informes (Cosine, 1971) recogemos los siguientes párrafos, catalogados del 5.1.1. al 5.1.6., ambos inclusive. El informe propone un programa de especialidad en ordenadores para "undergraduates", nivel similar al que nos ocupa.

5.1.1. FINALIDAD PROFESIONAL

A la Ingeniería de Ordenadores concierne la organización, diseño y utilización de los sistemas de procesamiento digital, como ordenadores de propósito general y como componentes de sistemas implicados en la comunicación, control, medida o procesamiento de señales.

(*) Posiblemente este intento de formalización es uno de los pasos, señalados por Wilensky y recogidos por nosotros en el apartado 4.2., de la evolución hacia un estadio de profesionalismo, referido en el caso presente a una institucionalización de un oficio ejercido de hecho en U.S.A. por numerosos Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

5.1.2. En el diseño de ordenadores, su hardware y su software deben ser considerados como una sola entidad.

5.1.3. Es cierto que el software es una parte esencial de la ingeniería de ordenadores, pero partes igualmente importantes son el hardware y los sistemas.

5.1.4. OBJETIVOS DEL PROGRAMA COSINE DE FORMACION DE INGENIEROS DE ORDENADORES.

Pretende proporcionar una base suficientemente amplia para abarcar tanto los aspectos de hardware como de software del sistema. Además, tiene que proporcionar una comprensión de las relaciones y "compromisos" importantes entre los componentes hardware y software y una comprensión de la manera cómo deben ser repartidas estas funciones en la organización del sistema de cara a las distintas aplicaciones.

5.1.5. SECUENCIA DE ASIGNATURAS BASICAS SEMESTRALES DEL PROGRAMA COSINE.

| | | |
|---|---|----------|
| ● | Teoría de la conmutación y diseño lógico | 6 horas. |
| ● | Estructura de ordenadores y programación en lenguaje de máquina | 3 horas. |
| ● | Organización de los ordenadores | 3 horas. |
| ● | Programación de sistemas y sistemas operativos | 3 horas. |

5.1.6. Descripción de las asignaturas básicas del programa CO-SINE

| TEORIA DE LA CONMUTACION Y DISEÑO LOGICO | ESTRUCTURA DE ORDENADORES Y PROGRAMACION EN LENGUAJE DE MAQUINA |
|--|--|
| <p>CONTENIDO: Circuitos combinacionales: Algebra de Boole, códigos binarios y aritméticos, representación de funciones, puertas lógicas, técnicas de minimización, realización de funciones booleanas. Circuitos secuenciales: Diseño de circuitos con biestables, representación, reducción de estado, realización de circuitos impulsionales y en modo fundamental, carreras, aleas, y estructuras lógicas iterativas. Subsistemas lógicos: Redes de codificación y decodificación, contadores binarios y decimales, conversores analógico-digitales y otros subsistemas lógicos escogidos.</p> <p>COMENTARIOS: Esta asignatura incluye los conceptos habituales de la teoría de la conmutación y de diseño lógico, así como conceptos de diseño de subsistemas lógicos.</p> | <p>CONTENIDO: Modelo de organización de ordenador para interpretar un lenguaje de máquina, representación en máquina de datos e instrucciones, programación en lenguaje ensamblador, procesos de entrada/salida, interrupciones, pilas y multiprogramación.</p> <p>COMENTARIOS: Los estudiantes no deben concentrarse sobre la programación en lenguaje de máquina pero resolverán suficiente número de problemas para familiarizarse con la máquina.</p> |
| <p>ORGANIZACION DE LOS ORDENADORES</p> | <p>PROGRAMACION DE SISTEMAS Y SISTEMAS OPERATIVOS</p> |
| <p>CONTENIDO: Elementos de un ordenador, representación de datos, algoritmos para operar sobre datos, unidades aritméticas, unidades de control, unidades de memoria, estructuras del procesador y ejemplos escogidos sobre ordenadores.</p> <p>COMENTARIOS: El contenido de este curso está descrito con detalle en el informe CO-SINE "An undergraduate electrical engineering course on computer organization".</p> | <p>CONTENIDO: Estructura de datos y programas; operación de los dispositivos de entrada/salida, su software de control y la estructura de interrupciones; la naturaleza de los recursos en hardware y software seguida del método empleado para asignar los recursos a las tareas; la contabilidad de los recursos; ficheros de datos incluyendo el hardware y la organización basada sobre las restricciones del usuario en cuanto a fiabilidad, rendimiento, coste e implementación del software; el lenguaje de control de "jobs" JCL; y generación de nuevos sistemas.</p> <p>COMENTARIOS: Este curso debería primeiramente enseñar principios de organización y diseño de sistemas de programación. Actualmente tiene que emplear el método de estudios de casos basado en uno o varios sistemas operativos particulares. El sistema operativo debería ser considerado desde un punto de vista crítico y podrían analizarse los cambios incrementales de política de hardware y software. Habría de impartirse este curso concurrentemente con el de organización de los ordenadores. Sería deseable utilizar un sistema operativo de cola única, que puede ser bien comprendido, antes que estudiar superficialmente los conceptos. Hoy día (*) no existen textos que cubran la estructura y principio de diseño de sistemas operativos.</p> |

(*) El informe está escrito en 1971 pero en 1973 sigue siendo igualmente válido, en nuestra opinión.

5.2.— OBJETIVOS COSINE, MODIFICADOS

En nuestra opinión, y con todos los respetos a los componentes del comité Cosine, todos ellos destacados especialistas en el campo de los ordenadores, sus objetivos adolecen de un defecto típico de mentes supertécnicas. No han tenido en cuenta, al menos de una forma explícita (y nosotros modestamente pensamos, precisamente observando la casuística de los Estados Unidos, que tienen tanta importancia que es necesario explicitarlos) los elementos considerados en los apartados 1.1.3., 1.1.5. (*) y 4 (**), que caracterizan la etapa actual de desarrollo de los ordenadores.

Nos permitimos, pues, completar y reformular en parte, para mayor precisión, dichos objetivos. Son éstos:

Proporcionar una base suficientemente amplia para abarcar tanto los aspectos de hardware como de software del sistema. Además, tiene que proporcionar una comprensión de la estructura de los ordenadores y de la evolución de dicha estructura en correlación con factores de coste/rendimiento y de modos de explotación, a la luz razonada no sólo de la tecnología y de las ideas sino también de otras fuerzas, a menudo insospechadamente condicionantes.

La formación orientada por los objetivos que acabamos de expresar no sería completa si no incluyera, además, que:

Tiene que proporcionar una comprensión de la problemática planteada en el ámbito de aplicación, al menos en sus vertientes técnica y económica.

(*) Fuerzas condicionantes del desarrollo de los ordenadores.

(**) Dimensiones en el uso del ordenador.

5.3.— ACTIVIDADES EN INFORMATICA DE LOS INGENIEROS SUPERIORES DE TELECOMUNICACION

Miremos ahora hacia el medio que nos rodea, que constituye la realidad sobre la que se ejerce nuestra acción educativa. La primera realidad en el campo de la informática es:

5.3.1. No existe en nuestro país prácticamente actividad dentro del ámbito de diseño de los ordenadores (*). Si se quiere expresar con otras palabras, el ámbito de diseño no incluye, ni material ni intelectualmente, a nuestro país (**) (***).

(*) Aclaremos que nos referimos específicamente a los ordenadores, y por ello excluimos a los automatismos y sistemas electrónicos digitales para aplicaciones industriales o de comunicaciones.

(**) Se diseñan y construyen ordenadores en Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Francia, Holanda, Italia, Japón, Israel, Rusia y algún otro país de Europa Oriental. En España se han producido esporádicos intentos, normalmente a nivel universitario y a expensas de presupuestos estatales, como el Plan de Cálculo y Control mediante Técnicas Discretas en el que participa el autor de esta Memoria integrado en un grupo de profesores y colaboradores de la E.T.S.I. Telecomunicación de Madrid. Este grupo se coordina con otros de las Facultades de Ciencias de Madrid y Bilbao y de la E.T.S.I. Industriales de Barcelona (Memoria-resumen E.T.S.I.I., 1973). Telesincro, S.A. se anuncia como la primera empresa española que construye ordenadores, pero no hemos podido comprobar si ésto incluye todos o alguno de los aspectos de investigación, diseño, desarrollo y montaje. Precisamente esta o estas excepciones no hacen más que confirmar el aserto 5.3.1.

(***) Esta es una verdad aplicable no sólo al campo de los ordenadores, sino prácticamente a cualquier otro. Según cifras del Informe Foessa, pág. 913, solamente 4.000 titulados superiores se dedicaban en 1970 a investigación y/o desarrollo y ello, además, con una dotación ridícula en recursos (FOESSA, 1970). En el particular grupo de los ingenieros se produce el mismo fenómeno y se observa una tendencia creciente a desarrollar tareas de organización, comerciales y de dirección y a abandonar las tareas estrictamente técnicas y de investigación (De Miguel, 1973 (2)).

Tendencias en la profesión ingenieril en España % de consultados que señalan la presencia de cada una

| | |
|--|----|
| Creciente dedicación del ingeniero a tareas de organización y métodos | 95 |
| Ampliación de la función comercial | 93 |
| Decadencia de la función estrictamente técnica | 58 |
| Ampliación de la función directiva | 52 |
| Creciente dedicación a la docencia | 43 |
| Mayor dedicación a la investigación tecnológica | 27 |

5.3.2. Los graduados españoles ejercen en el ámbito de aplicación. Para conocer los tipos de actividad que desarrollan examinemos algunas cifras de la Secretaría General Técnica de la Presidencia del Gobierno, referidas a 1970 (Rodríguez, 1971).

- 19% del total de personas dedicadas a la informática son titulados superiores.
- Los titulados superiores distribuyen su actividad en los siguientes niveles y porcentajes:

| | |
|-----------------------|------|
| En puestos directivos | 49 % |
| Como analistas | 43 % |
| Como programadores | 8 % |

- Porcentajes de titulados superiores por cada nivel considerado:

| | |
|---|------|
| Directores de Proceso de Datos, Jefes de Centros de Cálculo, etc. | 51 % |
| Analistas | 33 % |
| Programadores | 3 % |

- Previsión de necesidades para 1975 de personal presumiblemente titulado superior (según la misma fuente, (Rodríguez, 1971)):

| | |
|--------------------------------|-------|
| Analistas de nivel superior | 4.000 |
| Programadores muy cualificados | 2.300 |

Todas estas cifras se refieren al conjunto de los titulados superiores, puesto que son las únicas de que se dispone (*). Como no posee

(*) Después de escribir estas líneas hemos tomado contacto con un estudio muy completo, recientemente aparecido, de la Secretaría General Técnica de la Presidencia de Gobierno (Secretaría General Técnica, 1973). Un examen superficial del mismo nos ha mostrado que sus cifras no coinciden con las que nosotros damos, extraídas de otra fuente, en parte desde luego porque los supuestos clasificatorios no son los mismos. Sin embargo las tendencias se mantienen, lo que deja inalterable el juego de nuestro razonamiento. Pero reseñamos aquí que desde ahora debe considerarse que los datos básicos y oficiales sobre la actividad informática nacional han de buscarse en el importante informe citado.

mos el informe de donde proceden, hemos de suponer que éste entiende por analista a todo aquel que no es ni programador ni jefe y que las tareas que ejecuta son aquellas que no hacen ni el programador ni el jefe. Además, es de esperar que un titulado superior que trabaja en un Centro de Cálculo, dedicado a resolver aplicaciones científicas, que él mismo programa y codifica, estará clasificado por el informe en la categoría de analista. Desde luego, todo este contingente de titulados desempeña ocupaciones para las cuales no ha sido específicamente formado en su carrera. ¿Y los Ingenieros Superiores de Telecomunicación? Razones de pura observación en nuestra experiencia profesional nos hacen pensar que:

5.3.2.1. Relativamente al número de ingenieros salidos de cada una de las Escuelas Técnicas Superiores, el de Ingenieros de Telecomunicación en actividades de Informática es superior al resto.

5.3.2.2. Los Ingenieros de Telecomunicación dan un rendimiento superior, en términos generales, en las tareas que exijan un mayor dominio del hardware y/o del software, del estilo de las mencionadas en la proposición 4.2.3.

Estos últimos puntos no parecen poder tener más explicación lógica que la índole de sus estudios, fuertemente basados en la electrónica y en las teorías y técnicas de tratamiento, transmisión y recepción de señales analógicas y digitales (información), condicionan, en cierto modo, una predisposición y actitud (que se traducen en aptitudes) hacia la informática, sobre todo en sus aspectos más técnicos. Nos encontramos, pues, ante un hecho que se apoya sobre una base racional: la carrera de Ingeniería Superior de Telecomunicación proporciona un potencial de conocimientos muy adecuado para ser desarrollado de forma natural y óptima en tareas muy técnicas de la Informática (ámbito de diseño o áreas del ámbito de aplicación próximas al de diseño). Modelar este desarrollo sería el objeto de una espe-

cialidad en Informática, a semejanza de la que se ha propuesto como Computer Engineering en Estados Unidos (apartado 5.1.).

A semejanza en cuanto a la iniciativa, no en cuanto al contenido y los objetivos, que deben acomodarse a otro contexto. La formación de los I.S.T. se fundamenta en un tronco de Electromagnetismo; tres asignaturas de Electrónica (Electrónica III dedica su última parte a diseño lógico); Teoría de Circuitos (Redes); Electroacústica y Electroóptica; y Medidas Eléctricas, tronco que posee numerosas concomitancias con la formación básica de los Ingenieros Electrónicos U.S.A. y posiblemente con alguna especialidad de la Facultad de Ciencias en España. Lo que marca en cualquier caso muy bien la diferencia es el resto de asignaturas, típicas de la carrera superior de Telecomunicación: Sistemas de Telecomunicación (Sistemas de Modulación, Teoría de la Información y Codificación, Análisis estadístico de los sistemas); Líneas y Cables; Antenas y Propagación de Ondas; Sistemas de Radiocomunicación; Microondas; Ordenadores Electrónicos; Radiolocalización; Televisión; Servotecnica; Instrumentación Electrónica; Telemando, Telemida y Señalización; Sistemas Telegráficos y de Transmisión de Datos; Sistemas Telefónicos; Telecomunicación Espacial (E.T.S.I.T., 1972). Hemos recogido aquí solamente las asignaturas técnicas, sin discriminar la rama a que pertenecen, para resaltar el punto más arriba mencionado acerca de las *teorías y técnicas de tratamiento, transmisión y recepción de la información*. A esto, cuando en el tratamiento intervienen ordenadores, se le llama modernamente **Teleinformática**. Vamos a hacer unas breves consideraciones sobre la importancia técnica y económica de la Teleinformática.

5.3.3. *Pujanza de la Teleinformática*

La Teleinformática es una extensión de la Informática que proyecta la acción del ordenador prácticamente a cualquier distancia, creando como consecuencia nuevas posibilidades e interrelaciones. La Teleinformática se sirve de los medios y técnicas de telecomunicación ya disponibles, pero asimismo crea necesidades específicas, tales como la implantación, mejora y disponibilidades de vías digitales, que

representan un desafío y un rejuvenecimiento de la Telecomunicación (*): ésta tiene que producir una infraestructura para la progresiva descentralización de la inteligencia acumulable en el ordenador y, a su vez, utiliza esta inteligencia para actualizar y dinamizar sus propias técnicas (centrales electrónicas, redes de transmisión de datos).

5.3.3.1. Unas cifras indicativas (Soto, 1971):

U.S.A.: El parque de ordenadores instalados crece un 25 % anual aproximadamente, mientras que el número de los ordenadores con conexiones de teleinformática crece un 75 %. A fines de 1970 había unos 150.000 terminales conectados y operacionales. Para 1980 el mercado de transmisión de datos estará entre 10 y 20.10⁹ dólares.

Se estima que para 1975 más del 60 % de los ordenadores instalados soportarán configuraciones de teleinformática y que en las redes de comunicación el volumen de datos superará ya al de voz.

Suecia. Número de modems ("modem" es el aparato que adapta las señales del ordenador a la red analógica):

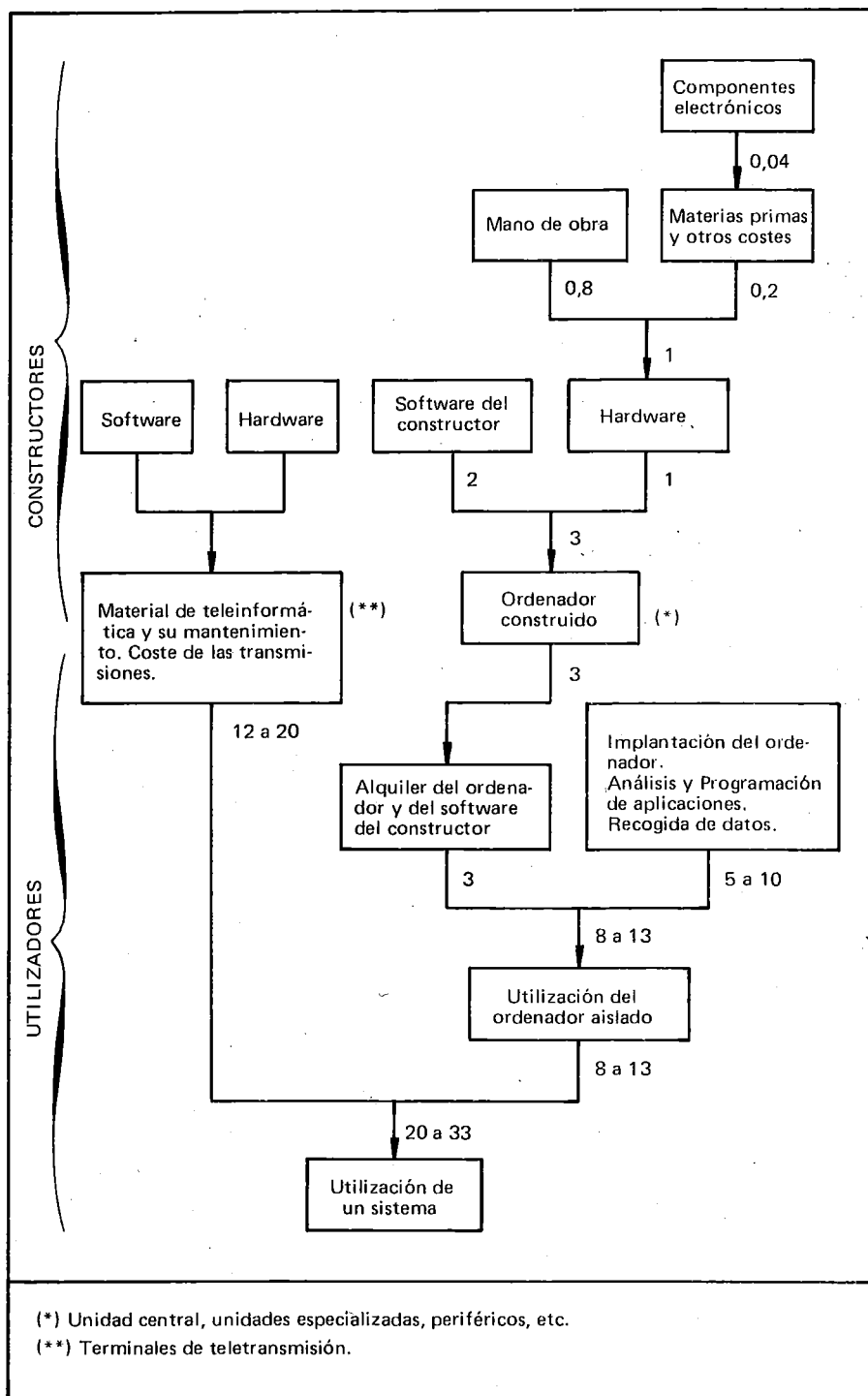
| | |
|------------|-------------------|
| Fin 1971 : | 900 modems |
| 1975 : | 30.000 " |
| 1980 : | 150.000 – 300.000 |

(*) "Uno de los más excitantes desarrollos tecnológicos de este siglo excitante es el matrimonio de la ingeniería de las telecomunicaciones con la industria de los ordenadores. Ambos campos se desarrollan con un ritmo rápido y furioso." "Cualquiera de ellas, la industria de la telecomunicación o la industria del ordenador, puede por sí sola producir cambios en nuestra sociedad, en las formas de trabajo y en el gobierno de las gentes, que modificarán su manera de vivir a lo ancho y lo largo del mundo. Pero las dos técnicas se complementan. Combinadas, cada una potencia a la otra. Los enlaces de telecomunicación extenderán las capacidades de los ordenadores y la información de los bancos de datos a millones de lugares donde podrán ser usados y, a su vez, los ordenadores controlarán los inmensos centros de conmutación." (Martín, 1969).

5.3.3.2. *España.* No poseemos cifras sobre la expansión de la Teleinformática en España, pero la red pública de transmisión de datos que en estos momentos implanta la C.T.N.E. augura una rápida evolución en este sentido, tanto más cuanto que parece responder a una necesidad ya planteada; la conclusión nº 25 del 1º Congreso Hispano-Luso de Informática, patrocinado por la Secretaría General Técnica de la Presidencia de Gobierno, al que asistimos como ponentes, así lo hace suponer (Congreso Hispano Luso, 1971): "Puesto que la transmisión de datos crecerá muy acusadamente en un futuro próximo, es necesario que la Administración considere la previsión de medios para llevarla a cabo *eficaz, racional y económicamente.*

5.3.3.3. Creemos que nada ilustraría el volumen técnico y económico esperable en teleinformática mejor que el siguiente gráfico, en donde se toma como referencia unitaria de coste el del hardware del ordenador que, como todo el mundo sabe, es considerable (*). (Armand et al., 1970). (Comparar con apartado 4.3.1.).

(*) El valor medio de un ordenador en España, según un estudio reciente, es de 22,8 millones de pesetas (Pérez Acha, 1973).



5.3.3.4. El ordenador y los materiales y técnicas de transmisión digital son los instrumentos centrales de la Teleinformática (ver apartado 1.3.) y ésta es consustancial con la Ingeniería de Telecomunicación. La importancia económica y técnica, así como el impacto social que cabe esperar de la Teleinformática, denunciados mundialmente y presentes en España desde un futuro inmediato, hacen patente la necesidad de crear una especialidad de Teleinformática en los planes de estudios de la Ingeniería Superior de Telecomunicación.

Antes de formular los objetivos que nosotros creemos debe alcanzar la formación en Informática de los Ingenieros Superiores de Telecomunicación permítasenos todavía reforzar su apoyatura.

5.3.4. Se ha insistido ya acerca de la importancia económica del sector de la informática, pero sabido es que las cifras revisten un poder de convencimiento muy superior a los mejores razonamientos. Por esa razón nos hemos entretenido aún en hacer unos cálculos rápidos, que no pretendemos exactos sino indicativos, sobre el volumen de gasto en Informática en nuestro país entre los años 1973 y 1975, ambos inclusive. Extrapolamos a partir de los datos recogidos en los puntos 4.1.1. (Parque de Ordenadores, actualmente hay entre 1.300 y 1.400 ordenadores en España), 4.3.1. (Distribución de gastos en Informática) y 5.3.3.3. (valor medio de los ordenadores en España): *El volumen de gastos estará en el orden de los 100.000 millones de pesetas* en el período bien breve de tiempo considerado. La cifra anterior (aproximadamente el doble del presupuesto que el III Plan de Desarrollo Español destina, durante el cuatrienio 1972-75 a Seguridad Social, Sanidad y Asistencia Social), no incluye ni terminales, ni líneas de transmisión, ni calculadoras de oficina o máquinas contables. Más que la exactitud de la cifra es importante aquí resaltar que el grado de eficacia de utilización de esa gran cantidad de dinero dependerá en buena parte de la eficacia de los titulados superiores dedicados a este sector (ver 5.3.2.), debido a la posición que éstos ocupan. Les atañe una gran responsabilidad al estar predeterminados a tomar decisiones y a diseñar aplicaciones y sistemas de aplicaciones, cuyo alcance y problemas hemos analizado en el aparta-

do 4. Y por lógica, esta responsabilidad multiplicada por un elevado factor, incumbe a quienes nos dedicamos a tomar decisiones, a diseñar asignaturas y sistemas de asignaturas (planes de estudio), que no podemos producirnos haciendo abstracción de nuestro entorno socioeconómico (*).

(*) Razonamientos análogos a los del apartado 4 podríamos aplicar a nuestro oficio de educadores cuyas consecuencias son técnicas, económicas, sociológicas y "ecológicas". Fenómeno archiconocido es, por ejemplo, que el entorno socioeconómico, en general, y las necesidades de la industria, en particular, evolucionan según leyes propias y más rápidamente que la máquina educativa, por lo que obviamente conviene más que ésta insista en una formación básica, estructurada de tal suerte que introduzca en cada individuo la semilla y los recursos mentales de la autoadaptación.

Podría decirse incluso que este enfoque coincide con las expectativas de los propios estudiantes, como parece deducirse de algunas de sus opiniones recogidas en la encuesta de Foessa, que resumimos a continuación (Foessa, 1970). Los alumnos de las Escuelas Técnicas de Grado Superior (E.T.G.S.) estiman que éstas son más que nada expendedorías oficiales de títulos; mientras que lo que ellos manifiestan desear es una formación general y básica para desarrollarse científicamente y una orientación favorable a la iniciativa y a la creación.

(Tabla 14.132) *Opinión de los alumnos de E.T.G.S. sobre lo que les está dando y lo que debería darles la formación que reciben.*

| Opinión | Da | Debería dar |
|---|-----|-------------|
| • Conocimientos indispensables para poder ejercer una profesión | 19 | 21 |
| • Obtener un título que le permita ejercer una profesión | 61 | — |
| • Ofrecerle un panorama general y los datos imprescindibles para formarse científicamente y especializarse | 20 | 44 |
| • Desarrollar su iniciativa y espíritu creador | — | 35 |
| | 100 | 100 |

(Tabla 14.134) *Opinión de los alumnos de E.T.G.S. sobre cómo cumple la Universidad Española algunos de sus fines.*

| | Bien | Regular | Mal | |
|---|------|---------|-----|-------|
| • Formación de buenos profesionales | 10 | 51 | 39 | (100) |
| • Formación de buenos científicos | 5 | 25 | 70 | (100) |
| • Para la obtención de un título | 44 | 38 | 17 | (100) |
| • Para la formación de la "élite" dirigente | 14 | 30 | 57 | (100) |

Este es, sin duda, reflejo de un mal general como puede colegirse de un reciente informe de la Unesco (Faure et al., 1973): "Desde el punto de vista de la economía y del empleo, cinco grandes sectores plantean a la educación problemas de una especial gravedad... jóvenes que, aún habiendo acabado con éxito unos estudios regulares, de nivel más o menos elevado, se encuentran con una formación mal adaptada a las necesidades de la economía; adultos que son llamados a desempeñar un empleo para el que no han sido preparados; profesionales cuya formación no responde ya a las exigencias del progreso técnico, etc."

5.3.5. Es indudable que el porcentaje de utilización del ordenador dedicado a aplicaciones de administración y gestión es muy superior al resto (ver apartado 4.1.) y este resto se distribuye en un considerable número de aplicaciones de muy variada índole (ver apartado 1.3.).

En cuanto a la primera y más extendida clase de aplicaciones, propia a un núcleo común de problemas, mal estructurado en la hora actual, no existe una metodología básica, completa y lógica (no contingente) de tratamiento, que pueda ser enseñada.

El resto es demasiado divergente y típico de cada problema. En términos generales, siempre que no haya motivos para dar una enseñanza especializada sobre un tipo de problemas (p. ej. C.A.I., técnicas de instrucción asistida por ordenador) o sobre una clase más amplia que constituya en sí misma una especialidad (p. ej. Cálculo Numérico), optamos por mostrar a los futuros titulados una panorámica sintética y clara de un conjunto seleccionado de problemas.

Resumiendo, la mejor solución () es proporcionar a todos el aprendizaje de un lenguaje de alto nivel (**) y sobre todo el ambiente, el asesoramiento y los medios materiales para que lo practiquen en cualquier ocasión (cálculos, proyectos, trabajos de asignatura, etc...).*

(*) Esto se viene haciendo en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, bien es verdad que de una manera no formalizada, a través de seminarios y cursillos que los alumnos toman a lo largo de la carrera. Hasta tal punto es progresivo este hecho, que el autor de esta Memoria, Encargado de la Cátedra de Ordenadores desde el curso 1970-71, ha tenido que retirar del programa de la asignatura la enseñanza de la construcción de organigramas y de la codificación en Fortran, necesaria en aquel curso, y desplazarla a un cursillo optativo para el pequeño número de alumnos que lo necesitaban en 1972-73 y suponemos que en 1973-74.

(**) El aprendizaje de la programación básica es también preconizada por el programa COSINE como prerrequisito para la formación en Ingeniería de Ordenadores. Realmente, es una materia necesaria incluso a nivel del bachillerato en el mundo tecnificado que nos ha tocado vivir (Sáez, 1971 (1)). La mejor colección de textos que conocemos para enseñar esta materia es la que figura bajo la referencia (Forsythe et al., 1969, 1970), utilizada por nosotros en los cursos 1970-71 y 1971-72 (A Primer; FORTRAN).

La damos por hecha y en consecuencia no juzgamos necesario incluirlo en un programa de especialidad o en una asignatura de último año de carrera.

5.4.— PROPOSICION DE OBJETIVOS GENERALES PARA LA FORMACION EN INFORMATICA DE LOS INGENIEROS SUPERIORES DE TELECOMUNICACION

Con los elementos que hemos ido recogiendo o elaborando podemos ya formular unos objetivos de formación. No importa que las circunstancias actuales imposibiliten su logro, que reclama urgentemente una especialidad, para la que este trabajo puede servir de hipótesis o punto de partida. Análogamente, nos hemos basado en el trabajo del Comité Cosine, respecto del cual señalamos con letras mayúsculas las palabras que marcan la diferencia. Entre paréntesis aparecen las cifras, separadas por un punto y una coma, que dirigen al apartado o proposición que apoya, justifica o ilustra la propuesta.

5.4.1. *Finalidad profesional* (5.1.1.; 2.3.; 2.4.)

A los INGENIEROS SUPERIORES DE TELECOMUNICACION, ESPECIALIZADOS EN TELEINFORMATICA (5.3.3.) concierne la organización, EVALUACION (5.3.2.; 4.2.3.; 5.3.3.3.; 5.3.4.) y utilización de los sistemas de procesamiento digital (1.4.1.), como ordenadores de propósito general y como componentes de sistemas de TELEINFORMATICA (5.3.3.4.).

NORMALMENTE (*) PARTIRA DE LAS PIEZAS YA CONSTRUIDAS (5.3.1.) (PROCESADORES, MEMORIAS, PERIFERICOS,

(*) No se excluye que puedan crear software de aplicación e incluso hardware especializado.

TERMINALES, LINEAS DE COMUNICACION (5.3.3.), OTROS APARATOS, SOFTWARE) CUYAS DIMENSIONES TECNICAS (3.6.; 2.3.) COMBINARA CON UN SENTIDO "FLUIDICO" (3.3.1.) PARA PRODUCIR SISTEMAS DE INFORMATICA CONVENIENTES DESDE UNA PERSPECTIVA, A SER POSIBLE, A LA VEZ TECNICA, ECONOMICA Y SOCIOLOGICA (4).

5.4.2. *Objetivos generales de la formación en Informática* (5.1.4.)

Proporcionar una base suficientemente amplia para COMPRENDER (5.3.1.) LOS aspectos SOBRE TODO FUNCIONALES (*) (5.3.1.) de hardware y de software del sistema, MAS ALLA DE LAS DESCRIPCIONES COMERCIALES (5.3.2.; 5.3.4.; 4.2.3.; 3.4.1.). PARA ELLO, tiene que proporcionar una comprensión de LA ESTRUCTURA DE LOS ORDENADORES (2.3.; 4.2.3.; 5.3.4. (*)) y DE LOS RECURSOS Y TECNICAS DE LA TELECOMUNICACION DIGITAL (5.2.3.) y DE LA EVOLUCION DE DICHA ESTRUCTURA, RECURSOS Y TECNICAS (5.3.4. (*)) EN CORRELACION CON FACTORES DE COSTE/RENDIMIENTO y DE MODOS DE EXPLOTACION (4.2.3.), A LA LUZ RAZONADA NO SOLO DE LA TECNOLOGIA (1.1.2.; 1.1.4.; 1.1.5.) y DE LAS IDEAS (1.1.1.; 1.1.4.; 1.1.5.) SINO TAMBIEN DE OTRAS FUERZAS (1.1.2.; 1.1.3.; 1.1.4.; 1.1.5.) A MENUDO INSOSPECHADAMENTE CONDICIONANTES (4).

NO ES POSIBLE POR AHORA PRESENTAR UNA TEORIA COHERENTE DEL HARDWARE (1.1.6.; 1.2.) y MUCHO MENOS DEL SOFTWARE (3.4.2.), PERO EL PROGRAMA TIENE QUE BUSCAR TRANSMITIR LOS CONCEPTOS DEL HARDWARE Y DEL

(*) "Hablamos de ingeniería como implicada con la síntesis, mientras la ciencia está implicada en el análisis. Objetos sintéticos o artificiales —y, más específicamente, objetos artificiales prospectivos con propiedades deseadas— son el objeto central de la actividad y aptitudes de la ingeniería. El ingeniero está implicado en cómo deben ser las cosas, en el sentido de alcanzar objetivos y funcionar" (Simon, 1969; y compárese con la llamada al pie del apartado 4.4.2.). No se puede estar más de acuerdo con este enfoque que lo estamos nosotros, que incluso le dejamos guiar nuestros pasos en la construcción de esta Memoria.

SOFTWARE COMO COMPONENTES DE UN CONTINUO (3.2.3.; 5.3.4. (*)), EL DESPLAZAMIENTO DE CUYOS LIMITES (3.1.) MARCA PRECISAMENTE LA TRAZA DE LA EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA DE LOS ORDENADORES.

La formación orientada por los objetivos que acabamos de expresar no sería completa si no incluyera además que:

TIENE QUE PROPORCIONAR UNA COMPRESION DE LA PROBLEMATICA PLANTEADA EN EL AMBITO DE APLICACION (2; 4) EN SUS VERTIENTES TECNICA (4.2.), ECONOMICA (4.3.), y SOCIOLOGICA (4.4.) (*).

5.5.— OBJETIVOS GENERALES DE LA ASIGNATURA "ORDENADORES ELECTRONICOS"

A la hora de fijar unos objetivos para la asignatura objeto de esta Cátedra nos vemos obligados a recortar y depurar lo ideal para llegar a lo practicable, entendiendo por practicable el punto más alto que puede alcanzarse dentro del contexto considerado. Veamos los últimos argumentos y circunstancias limitativas, propias del entorno académico.

En primer lugar, sólo existe una asignatura sobre ordenadores en el plan de estudios de 1964, precisamente la que nos ocupa, situada en el último curso de la carrera. En consecuencia, resulta imposible especializar a nuestros alumnos en Teleinformática, lo que no obsta para que sigamos entendiendo válida la formulación de su finalidad profesional (apartado 5.4.1.) en el terreno de la Informática. Muy evidente es —y se ha tratado largamente más arriba— que la base para una

(*) Coincidimos en este enfoque con el séptimo principio del informe universal de la UNESCO (Faure et al., 1973) que dice así: *"El concepto de enseñanza general debe ampliarse en forma que englobe efectivamente el campo de los conocimientos socioeconómicos, técnicos y prácticos de orden general"*.

especialización en Teleinformática la constituye un conocimiento sólido y profundo del ordenador-instrumento, por lo cual esta asignatura debe ser en cualquier caso un escalón previo para esa especialización.

El alcance del programa, en términos abstractos, ya que los objetivos no son los mismos, es obligatoriamente inferior al preconizado en el núcleo básico de Cosine (apartado 5.1.5.). Para decirlo cuantitativamente, aunque no sea muy correcto, el alcance del programa (insistimos que orientado en otra dirección) de nuestra asignatura, sería aproximadamente el 40% del que puede conseguir el de Cosine (*).

El ordenador-instrumento es de por sí suficientemente complejo (apartados 3.1. y sobre todo 3.2.1. y 3.6.1.) para colmar el contenido de una asignatura y, lo que es peor, para poner a prueba la capacidad de decisión frente a la selección y organización de dicho contenido de cara a los objetivos perseguidos.

Por último, "last but not least" como dicen los americanos, los objetivos que formularemos inmediatamente se apoyan tanto en los argumentos y datos recogidos hasta aquí como en una experiencia de tres años impartiendo la misma asignatura, experiencia que racionalizada, contrastada con la realidad teórica-práctica (**) y proyectada posee un valor que somos los primeros en apreciar.

(Debe entenderse que la porción de objetivos sacrificada en el juego de las prioridades al pasar de los *objetivos generales en Informática* a los *objetivos generales de la asignatura* ha de recuperarse, en la medida de lo posible, mediante el mecanismo paralelo de conferencias, cursillos y seminarios y de las actividades investigadoras.)

(*) Asignatura anual de 3 horas semanales frente a conjunto de asignaturas semestrales por un total de 15 horas semanales.

(**) Nos referimos a nuestra experiencia profesional de ocho años, primero en el terreno de la investigación y después en una empresa privada de ordenadores (en simultaneidad con la enseñanza y la investigación).

5.5.1. *Finalidad profesional*

A los Ingenieros Superiores de Telecomunicación concierne la organización, evaluación y utilización de los sistemas de procesamiento digital, como ordenadores de propósito general y como componentes de sistemas de teleinformática.

Normalmente partirá de las piezas ya construidas (procesadores, memorias, periféricos, terminales, líneas de comunicación, otros aparatos, software), cuyas dimensiones técnicas combinará con un sentido "fluídico" para producir sistemas de informática convenientes desde una perspectiva, a ser posible, a la vez técnica, económica y sociológica.

5.5.2. *Objetivos de la asignatura ORDENADORES ELECTRONICOS (*)*

Proporcionar una base suficientemente amplia para comprender los aspectos, sobre todo funcionales, de hardware y de software del sistema, más allá de las descripciones comerciales.

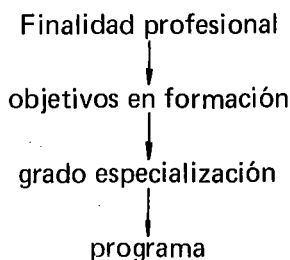
Para ello, tiene que proporcionar una comprensión de la estructura de los ordenadores y de la evolución de dicha estructura en correlación con factores de coste/rendimiento y de modos de explotación, a la luz razonada no sólo de la tecnología y de las ideas sino también de otras fuerzas a menudo insospechadamente condicionantes.

No es posible por ahora presentar una teoría coherente del hardware, y mucho menos del software, pero el programa tiene que buscar transmitir los conceptos del hardware y del software como componentes de un continuo, el desplazamiento de cuyos límites marca precisamente la traza de la evolución de la estructura de los ordenadores.

(*) Finalidad del contenido de esta Cátedra (ver apartado 1.3.7.), por contraposición a la finalidad profesional de la que aquella es un eslabón

5.6.— FINALIDADES PROFESIONALES, OBJETIVOS EN LA FORMACION Y GRADOS DE ESPECIALIZACION

El conocimiento de las finalidades profesionales de un grupo de individuos da pie a formular unos objetivos para su formación, lo que conduce a proporcionarles un determinado grado de especialización mediante un programa. El camino seguido por nosotros (organigrama y apartados 5.1. a 5.5.) puede esquematizarse así:



La presente Memoria no se ocupa más que de establecer el programa de la asignatura de ordenadores, que sería parte del programa necesario para alcanzar la finalidad profesional retenida. Situémonos de nuevo en la figura-resumen 2.4., dentro del ámbito de aplicación, finalidad profesional I.S.T. (Ingenieros Superiores de Telecomunicación). En cuanto a su conocimiento del ordenador-instrumento (objetivos de la asignatura), ésta debe nutrirse de porciones tomadas de diferentes niveles del ámbito de diseño, cuyas forma y profundidad determinarán el grado de especialización en este terreno (ver apartado 7).

Si identificamos, como así hemos hecho, los niveles del ámbito de diseño con los niveles propuestos por Bell (cuadro 3.2.1.) y con algún otro aún no formalizado, nuestro programa debe estar compuesto por diferentes dosis de los diferentes niveles, coherentes con los objetivos propuestos.

A título de analogía, y sin profundizar más en el asunto, lo que hace también, en el fondo, el programa Cosine es describir varias trayectorias, que podrían llamarse mínimas o básicas de cara a los

objetivos Cosine, más o menos como indica el cuadro siguiente (ver apartados 5.1.5. y 5.1.6.):

| Asignaturas Cosine | Niveles Bell/Newell |
|--|------------------------|
| Teoría Conmutación/Diseño lógico | Diseño lógico completo |
| Estructura Ordenadores/Programación | |
| Máquina | ISP |
| Organización Ordenadores | ISP, PMS |
| Programación sistemas/Sist. Operativos | No formalizado |

El próximo apartado realiza un recorrido a vuelo de pájaro, de la mano de nuestros objetivos, a lo largo de las principales dimensiones técnicas del ordenador (cuadro 3.6.1.), de donde tomaremos los puntos más visibles a modo de esqueleto sobre el que encarnarán las lecciones del programa, según quiere la norma oficial.

**VI.— DATOS PARA EL PROGRAMA Y LAS
FUENTES BIBLIOGRAFICAS**

6.— DATOS PARA EL PROGRAMA Y LAS FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Nos conectamos de nuevo con el apartado 3.6., propuesto como guía de la materia a enseñar, y especialmente con el cuadro 3.6.1.

6.1.— FUNCION DEL ORDENADOR

Lo que caracteriza la función de un ordenador es la clase de problemas que resuelve y su modo de explotación. Se dice que la función hace al órgano, lo que podría hacer esperar encontrarse con diferentes estructuras para diferentes funciones. En el principio de la historia de los ordenadores así ocurría y se hizo clásica la distinción entre ordenadores científicos y ordenadores de gestión. La estadística del cuadro 4.1.1. (año 1958) no representa sólo una distribución de las categorías sino prácticamente una distribución del valor del parque entre máquinas científicas y de gestión.

Con la 3ª generación, a partir de la mitad de los años 60, se unifican criterios y se crean ordenadores multifuncionales, dotados de unas características que les hacen potencialmente aptos para cualquier clase de aplicación. *Son los ordenadores de propósito general.* Surge el concepto de gama compatible.

Actualmente, *la funcionalidad se consigue por dos mecanismos: el programa y la configuración hardware/software* del sistema. No obstante, un cierto número de aplicaciones o unas condiciones peculiares de explotación dan lugar a ordenadores relativamente especializados, para control y comunicaciones, para "time-sharing", etc. Cabe preguntarse si el futuro no nos deparará un incremento en la especiali-

zación de los ordenadores, no ya por clases de aplicaciones sino por aplicaciones. De los ordenadores universales no se ha sacado todo el provecho que podía esperarse (apartado 4), el coste del software y de la programación aumenta sin cesar y por otra parte la tecnología de circuitos integrados y la lógica microprogramada permiten la creación de estructuras modulares especializadas a precio reducido y sin grandes inversiones (Alabau, 1973; Eadie, 1971).

Puede decirse que es el problema el que impone la finalidad al ordenador. Desde un punto de vista de ingeniería, que se sirve de los ordenadores, las aplicaciones pueden clasificarse de manera muy distinta a la del apartado 4.1. Interesa más aceptar como criterio de clasificación (Sáez, 1971) el tipo de repercusión (relación y tiempo) que la información elaborada por el ordenador tiene sobre un sistema dinámico. Hay *aplicaciones de cálculo y proceso de datos* en donde el ordenador ayuda por su rapidez de cálculo, su capacidad y velocidad de almacenamiento y por la versatilidad que le dan los programas. Estas aplicaciones proporcionan magnífica ocasión para presentar las características generales más acusadas de los ordenadores y los conceptos fundamentales ligados al tratamiento de la información.

Resaltan después aquellas aplicaciones en que el ordenador actúa directamente sobre un sistema, frecuentemente sometido a una exigencia de tiempo ante la dinámica del sistema. Son el control de procesos y, en general, todos los *procesos en línea*, que poseen una estructura común en sus grandes líneas: control de procesos industriales, reserva automática de plazas, sistemas integrados de información para la gestión...

En tercero y último lugar, se puede dedicar un espacio a la *simulación* en ordenador, de gran interés para los ingenieros. Estas aplicaciones se caracterizan porque los resultados del ordenador no repercuten sobre un sistema físico, sino sobre un modelo informacional del mismo, a la escala de tiempo que se desee.

Este panorama de aplicaciones, bajo el título genérico de "*APLICACIONES*" en nuestro programa de Cátedra, desarrolla, por un lado, la dimensión "*función del ordenador*" y, por otro, satisface un argumento del apartado 5.3.5., al tiempo que un *propósito didáctico* consistente en motivar a los alumnos.

Fuentes de referencia

Las fuentes en este terreno son muy abundantes, dispersas y a menudo demasiado especializadas. Al nivel básico que conviene aquí es muy recomendable la referencia (Clark, 1969). A pesar de no ser muy reciente, merece consultarse un conjunto de números de la revista francesa *Automatisme* (*Automatisme*, 1966). Como elemento bibliográfico de consulta superior a los demás consideramos a un voluminoso tratado francés, editado por Manson (Manson, desde 1970).

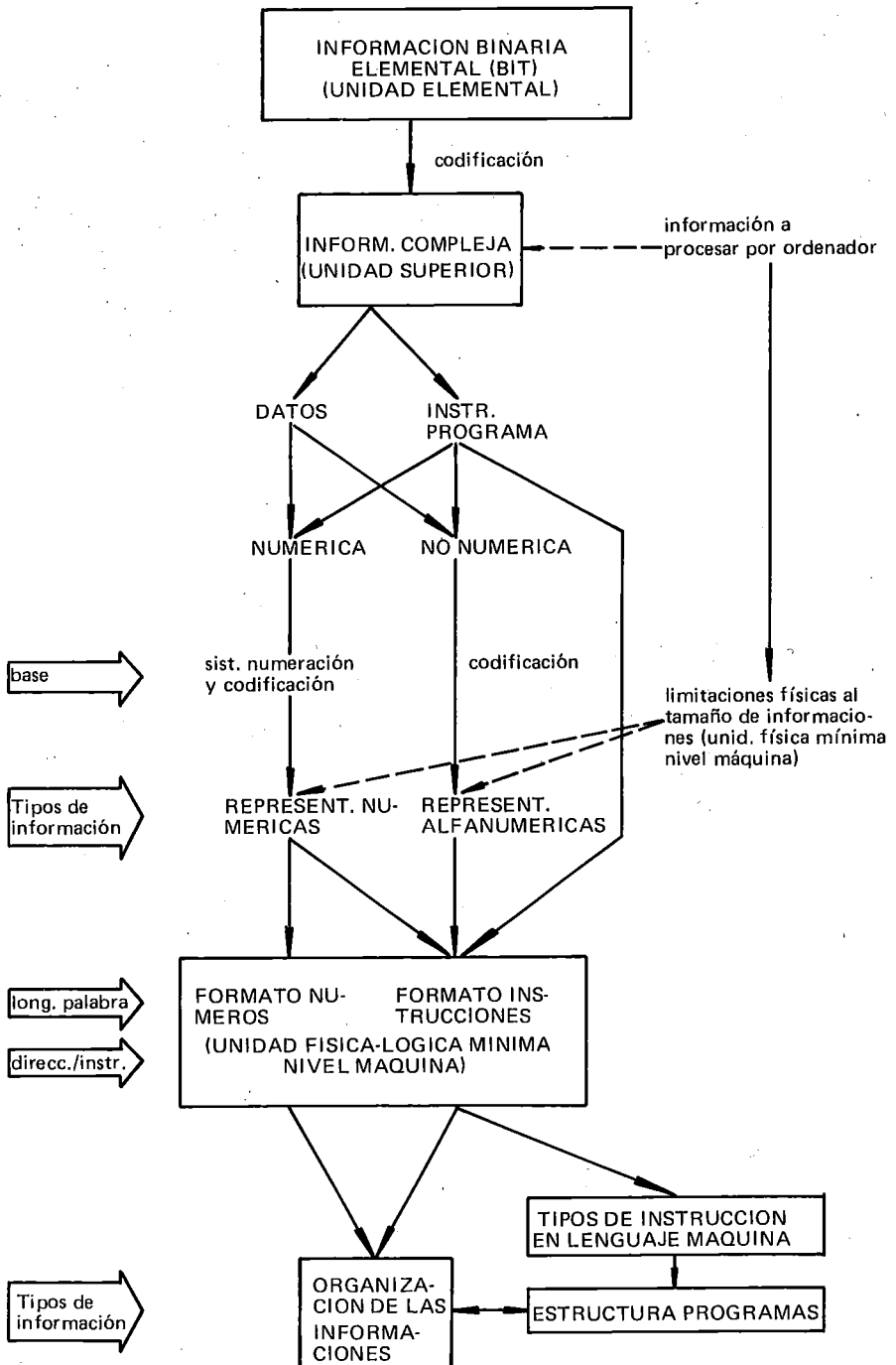
6.2.— LONGITUD DE PALABRA | BASE | TIPOS DE INFORMACION | DIRECCIONES / INSTRUCCION

Agrupamos todas estas dimensiones debajo del epígrafe "INFORMACION NUMERICA—LOGICA", nombre genérico que comprende los conceptos de representación y organización de las informaciones en, por y para el ordenador. Corresponden a una parcela de lo que es necesario saber para interpretar el nivel ISP (ver 3.5.).

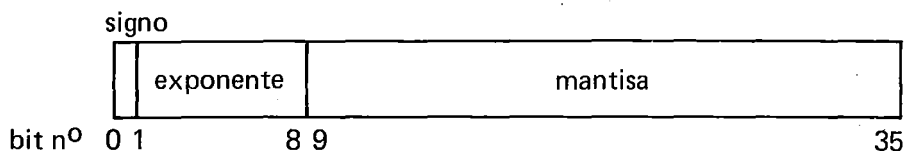
Se propone describir, a través de ejemplos reales con distintas claves, la manera cómo se compone la información utilizable en un ordenador (datos e instrucciones) en función de la información binaria elemental y de determinadas contingencias estructurales del ordenador, y cómo se organizan estas informaciones en unidades dinámicas superiores (organizaciones de la información, programas).

El gráfico de la página siguiente nos da un mapa de los conceptos que aquí pueden considerarse. La información, al nivel operativo en el ordenador, está constreñida según ciertas reglas por las cuales debe adecuarse a determinados formatos, que son reflejo de la estructura del ordenador y de los soportes físicos de las máquinas periféricas (*).

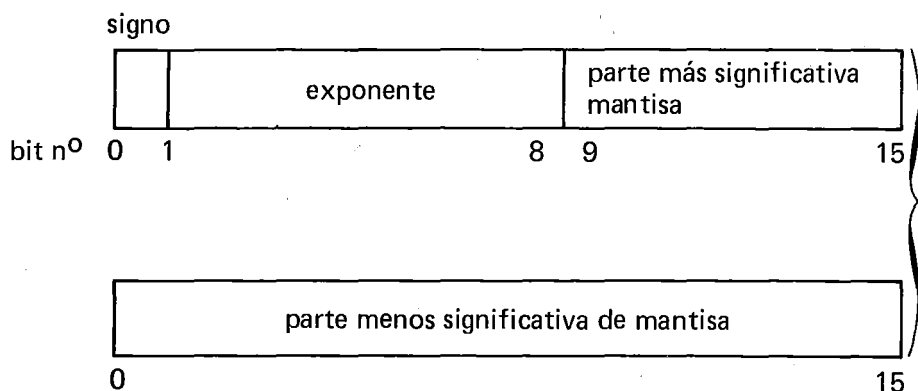
(*) Las lecciones sobre "SOPORTES DE LA INFORMACION. UNIDADES PERIFERICAS", aunque situadas en el programa estratégicamente antes del tema "comunicaciones con el exterior", sirven también a apoyar esta idea de contingencia.



Cuando nos dicen, por ejemplo, que un ordenador X representa los números en coma flotante de precisión simple mediante una palabra de 36 bits, de la forma siguiente:



y que otro ordenador, marca y modelo Y, representa el mismo tipo de números con este otro formato:



estamos recibiendo, si sabemos interpretarla, información acerca de algunas de las dimensiones de estos ordenadores, la longitud de palabra, tipo de datos, precisión y rango, etc. Con un poco de experiencia no es necesario más para discernir que el primero es un ordenador científico de gran tamaño y buena precisión y el segundo un miniordenador, apto sobre todo para pequeños cálculos científicos y aplicaciones especializadas, tales como control de procesos o de comunicaciones.

Una comprensión correcta exige conocer los diversos mecanismos que transforman una información numérica o no numérica (letras y otros símbolos) en una configuración binaria sujeta a un formato específico. Una configuración de bits de una determinada longitud (8, 12, ... 64), donde cada una de las partes o campos posee una significación dada por unas leyes de correspondencia muy precisas, (siste-

mas de numeración, codificación o convención), constituye *una unidad física-lógica mínima* para el ordenador (tipo de información), que será sometida por éste a un proceso de interpretación y ejecución coherente con las significaciones convenidas.

Existe en la literatura un cierto confucionismo, que conviene despejar, entre máquinas de palabra y máquinas de carácter.

Creemos que puede sustituirse la palabra "carácter" por "byte" (sin traducción); todas las máquinas son de *palabra*, la palabra es *múltiplo del byte* y un byte puede contener un *carácter, información binaria pura o información convencional*. A efectos externos la "palabra" podría tener convencionalmente la longitud que quiera el constructor (*palabra lógica*). Muchos ordenadores actuales, siendo por construcción múltiplos del byte, permiten por software tratamiento a nivel de byte o de otros submúltiplos de la palabra.

Las instrucciones se configuran en formatos donde, junto a los campos destinados a código de operación y códigos complementarios, aparecen uno o varios campos destinados a las direcciones. Hay instrucciones de una, de dos, de tres direcciones y otras combinaciones, que pueden estudiarse, preferiblemente sobre características de ordenadores reales. *La dimensión "número de direcciones/instrucción" ilustra en profundidad acerca de la estructura del ordenador* y ha sido un tema muy debatido, pues tiene un efecto rotundo sobre la complejidad del diseño, en especial de los circuitos centrales de control (Bell/Newell, 1971), sobre el rendimiento del ordenador y desde luego, sobre el diseño de compiladores. Es normal que coexistan diferentes formatos según tipos de instrucción, aunque recientemente se han propuesto estructuras modulares de ordenador, más sencillas y adaptativas (*), que permiten llegar a un formato único, multivalente, de todas las instrucciones (Alabau, 1973).

El nivel de unidad física-lógica mínima es un escalón a otros órdenes superiores de organización de la información, unidades po-

(*) Quizá incluso más baratas si los módulos pueden aprovechar las ventajas de integración de la actual tecnología de la lógica.

tentes, como el vector, la matriz, la pila, etc. donde los elementos se agrupan mediante una ley de interrelación acorde con una ley de tratamiento. Las instrucciones se organizan en estructuras dinámicas llamadas programas, con sus mecanismos propios de funcionamiento e interacción con los distintos niveles de datos.

Fuentes de referencia

Para un estudio rápido y práctico de los sistemas de numeración y codificación más corrientes valen las siguientes referencias: (Gschwind, 1969), (Chu, 1962, cap. Digital Arithmetic) y (Herz, 1970).

Sobre tipos de instrucciones: (Gschwind, 1969), (Meinadier, 1973), (Stone, 1972), los manuales descriptivos del repertorio de instrucciones de cualquier ordenador concreto y como obra de consulta insustituible el libro (Bell; Newell, 1971).

La correlación entre el número de direcciones por instrucción y la organización de los elementos funcionales del procesador central debe estudiarse, a nuestro juicio, en la obra tantas veces citada, de Bell, complementándose, en lo que se refiere a nuevos modelos de instrucción multivalente, con la tesis de Alabau (Alabau, 1973) y las referencias que éste cita.

En cuanto a las unidades de información de orden superior, ver (Stone, 1972).

6.3.— TECNOLOGIA DE LA LOGICA | CIRCUITOS LOGICOS

6.3.1. *Tecnología de la lógica*

La *tecnología* es posiblemente la *dimensión más importante de los ordenadores*, no sólo considerada en sí misma sino y sobre todo, por

su influencia en casi todas las otras. En cierto modo los ordenadores son como son debido a la tecnología. Es, al tiempo, dimensión técnica o característica y agente de transformación (apartados 1.1.4. y 1.1.5.). Desde este último punto de vista ha de estar presente en todo el programa (ver objetivos, apartado 5.5.2.).

De la cuantiosa y muy variada tecnología (*) utilizada en un ordenador la más llamativa es la que se emplea en los *circuitos lógicos*, y de éstos en los circuitos lógicos de los procesadores. En el cuadro 3.6.1. nos encontramos con la evolución cronológica de la tecnología de la lógica en correlación horizontal con otras dimensiones, cuya espectacularidad resulta patente en los aumentos de velocidad y en las reducciones de precio por operación. Junto a ellas podrían imaginarse escritas, como consecuencias de la evolución de la tecnología, la miniaturización y la fiabilidad (Meinadier, 1971).

Comparando las velocidades de procesador de la tabla 3.6.1. con las afirmaciones del apartado 1.1.2. (b) (Boulaye, 1971), aparece una diferencia de velocidad a favor del procesador respecto de la absoluta de los circuitos lógicos. Tal diferencia se debe a la evolución técnica (cuadro 1.1.4.) operada en la organización de la estructura de los ordenadores (**), que inciden sobre el grado de concurrencia en los dispositivos del sistema (ver más adelante, apartados 6.4.1.; 6.4.4.)

El momento actual es de auge de los circuitos electrónicos lógicos integrados que parecen querer ocupar incluso los reductos hasta aquí privativos de la tecnología estática magnética. Olvidándonos de tecnologías anteriores y, por supuesto, de la historia de su evolución

(*) En un ordenador intervienen muchas tecnologías, por ejemplo: circuitos integrados para la lógica, película delgada para registros generales, núcleos para memoria central, electromecánica para discos y cintas, mecánica para perforación de fichas y teleimpresores.....

(**) El parámetro "velocidad del procesador central" es una medida del avance en estructuras (tecnología + organización) y en cierta manera del rendimiento. El rendimiento de los ordenadores depende de su estructura y ésta de la tecnología, en primer lugar, y después de la organización.

en los ordenadores, que pueden consultarse casi en cualquier texto (*), creemos merece la pena hacer hincapié en diversos puntos, en especial aquellos que guardan relación con la estructura de los ordenadores. Como anillo al dedo, precisamente porque está escrito a petición nuestra y para publicar por la Cátedra atendiendo a esta finalidad, tenemos un trabajo de síntesis (Fernández, 1973 (2)): *árbol genealógico de los circuitos electrónicos* (desde el transistor de contacto), *familias de circuitos lógicos integrados* (lógica saturada (DCTL, RTL, DTL, HTL, TTL), lógica no saturada (ECL), MOSFET (PMOS, CMOS)), *características funcionales, niveles y tecnologías de integración* (nivel de integración y precio, etapas de integración (SSI, MSI, LSI), tecnologías de integración (monolíticos, película delgada, película gruesa, híbridos)).

El tema se desarrolla en nuestro programa bajo el epígrafe "TECNOLOGIA".

Fuentes de referencia

Como fuentes de referencia, aparte de la ya citada de (Fernández, 1973 (2)), que sintetiza lo más interesante acerca de circuitos lógicos integrados, pueden consultarse (Garret, 1970), estudio detallado de los mismos circuitos, y la serie muy completa, (Gaschi, 1970), (Chambolle; Avilés, 1970), (Mercier, 1970/72), dedicada fundamentalmente al estudio de elementos y circuitos con semiconductores, aunque no olvidan a elementos históricamente anteriores. Específicamente dedicada a los circuitos integrados MOS, desde su tecnología física hasta la descripción de circuitos funcionales está (Lilen, 1972).

(*) El programa no dedicará atención tampoco, o muy limitada, a tecnologías en estado de laboratorio, por muy prometedoras que parezcan ser, pues la experiencia ha demostrado hasta la saciedad (Petschauer, 1970) que el paso del estado de laboratorio al de realidad industrial viene regulado por un juego de factores, y al estudio e identificación de este juego sí se prestara atención.

La tecnología de memorias tiene entidad suficiente para ser distinguida por separado. El artículo de Grunberg (Grunberg, 1970/72), da una visión muy ordenada, clara y sintética de las tecnologías actuales, que estudia además en relación con la organización de las memorias. Si se desea profundizar, desde un punto de vista muy técnico, en algún tipo de tecnología debe consultarse una obra recopilada por Riley (Riley, 1971), donde es posible también encontrar descritos tipos aún no convencionales de tecnología de memoria.

De carácter mucho más general que las anteriores, pero cubriendo tanto los circuitos de procesador como de memoria vale la pena el libro de Eadie (Eadie, 1971), con la ventaja adicional de presentar esquemas lógicos de diferentes memorias de semiconductores (read-only; asociativa...).

6.3.2. Circuitos lógicos

Los circuitos lógicos no constituyen una dimensión técnica de los ordenadores, ya que todos éstos se componen de circuitos lógicos. Constituyen *un tronco común de los sistemas digitales* (de los cuales los ordenadores son un subconjunto), un nivel muy especializado de diseño y descripción (ver cuadro 3.2.1., niveles de Bell) que es necesario conocer para poder apreciar adecuadamente el resto de niveles superiores y las dimensiones generadas.

En virtud de la evidente relación entre la tecnología de la lógica y la realización práctica de los CIRCUITOS LOGICOS, siendo la primera la que permite marcar la diferencia, tratamos ambos temas aquí bajo el mismo epígrafe y en el programa de la Cátedra las lecciones de uno y de otro marcharán correlativas y por este mismo orden. Nuestro tratamiento de este segundo tema ha de considerarse como una servidumbre, obligada al no estar cubierto aquel por ninguna asignatura del vigente plan de estudios de la E.T.S.I.T.

Nuestro propósito es el de dar *un paseo más bien práctico por el nivel de diseño lógico*, describiendo los componentes principales de cada uno de los subniveles, para culminar en un *tratamiento más*

acentuado del subnivel R-T. Se insistirá en los procedimientos tabulares y gráficos, de preferencia a los formales, aplicándolos al análisis y a la síntesis de sencillos circuitos funcionales. Debe conseguirse, con la apoyatura de los ejercicios de clases prácticas, *un grado de aprendizaje conveniente para interpretar con facilidad los esquemas de principio de las estructuras R-T y PMS.* De otro lado debe quedar patente su conexión con las estructuras de la información numérica-lógica.

Por lo demás nuestra presentación será la clásica, con un contenido poco especializado, coherente con los objetivos de la asignatura (5.5.2.), breve en su duración, que explica por sí misma la lectura del índice de las lecciones de "CIRCUITOS LOGICOS" del programa.

Alimentamos el deseo de remozar para un futuro muy próximo la presentación del tema de "circuitos lógicos", no tanto en cuanto al fondo como en la forma, no tanto por el mero afán de modernización como por el de acertar cada día más en los objetivos que nos hemos marcado. La idea del "continuo hardware/software" (ver 5.5.2.) se materializa también en la misma descripción y en los procedimientos de diseño del hardware con ayuda de lenguajes y compiladores de hardware. La manifestación bibliográfica más reciente que conocemos, a nivel de texto universitario, siguiendo esta tendencia, aparece bajo la referencia (Hill; Peterson, 1973). Pensamos que, con ayuda de este libro, y siempre que puedan vencerse las dificultades propias a lo limitado del tiempo de su exposición, renovaremos ésta próximamente.

La UNIDAD ARITMETICA-LOGICA (ver programa) es un operador de datos (ver 3.4.1.) presente en todo procesador central, como mínimo, y que puede llegar a ser extremadamente complejo (según tipo de información, tipo de operación y rendimiento requerido). Es una aplicación de diseño lógico que, compuesta de las piezas llamadas circuitos lógicos, se contemplará a un nivel de descripción RT, en íntimo contacto con la estructura de la información numérica-lógica.

Fuentes de referencia

Las obras de consulta preferibles para este tema son los buenos textos sobre ordenadores o bien sobre diseño lógico aplicado a ordenadores. Nos parece que la mejor combinación sería la obra en dos volúmenes del Petitclerc, muy didáctica, muy práctica, que termina con el diseño completo de un pequeño ordenador (*Petitclerc, 1970*), ampliada y actualizada con (*Hill; Peterson, 1973*). Para los efectos del alcance de esta asignatura también es suficiente cualquiera de las obras siguientes: (*Meinadier, 1970*); (*Eadie, 1971*); (*Bartee, 1966*); (*Gschwind, 1969*), ayudada por una selección de ejercicios prácticos. Los libros de Bartee y Gschwind no han sido todavía superados por otros posteriores de sus mismas pretensiones y la mejor prueba es que ambos, sobre todo el último, continúan como texto en varias universidades americanas. Gschwind ofrece además la ventaja de sus numerosos ejercicios, unos resueltos, otros sólo planteados —principalmente en el subnivel de circuitos de conmutación— y de un tratamiento casi exhaustivo de la unidad aritmética-lógica. (*Hill; Peterson, 1973*) dedica un importante número de páginas a la descripción de técnicas aritméticas por medio del lenguaje AHPL (ya citado en nuestro apartado 3.3. (*)).

6.4.— ALGORITMO DE ACCESO | CAPACIDAD M_p | ...

La memoria es uno de los componentes del nivel PMS y lo que aquí se estudia (*en el programa bajo el epígrafe "MEMORIAS"*) son algunos de sus atributos principales, guiándonos según cuatro ejes de orientación que, naturalmente, en muchos puntos se cruzan, se confunden, transitan por otras dimensiones y hasta se desarrollan con mayor profundidad en apartados posteriores.

6.4.1. Jerarquías de memorias

Si en algún terreno se patentizan crudamente las afirmaciones contenidas en el primer párrafo del apartado 3.1. de esta Memoria (ver "La pirámide de Flores") es en el de las memorias (con minúsculas). Pretensiones cada día más ambiciosas en el diseño de ordenadores, alentadas por los impresionantes avances de la tecnología, han conducido a una *proliferación de niveles de memoria, que realizan la función de almacenamiento en distintos estratos y con distintos objetivos dentro de la organización del ordenador*. Lo más paradójico es que esta situación que, en definitiva, supone una complicación en el diseño del hardware pero sobre todo del software, se debe a las mismas limitaciones de la tecnología. En efecto, de poder construir económicamente memorias de acceso directo, de capacidad equiparable a las actuales memorias de masa y velocidad de acceso equiparable a las actuales memorias centrales, el tinglado de creciente complejidad que envuelve a los ordenadores de hoy se derrumbaría (*), puesto que la mayoría de las funciones de hardware, gran parte de las de software y una buena porción de las técnicas de programación aplicada serían inútiles. Veremos que los *avances producidos en las técnicas de organización de las memorias* (p. ej. memoria "cache", memoria virtual) *responden a un propósito de ensanchamiento de los límites físicos y operativos (tiempo y espacio) de la memoria central*.

Así, un ordenador pequeño actual (**) puede contar con cuatro y hasta cinco estratos de memoria, cuya descripción mediante la no-

(*) (Ver apartado 6.4.4.). Se nos ocurre pensar que aunque se encontrase y dominase industrialmente la tecnología adecuada, numerosas fuerzas retardarían su empleo de manera muy similar a las que pueden oponerse al uso de motores eléctricos en el automóvil.

(**) Precio aproximado inferior a la tercera parte del valor medio de un ordenador en España (ver 5.3.3.3. (*)). Por supuesto que en un ordenador grande, apto para multiprogramación muy rápida se encontrarán más estratos, a menudo algún estrato organizado concurrentemente (ver en "Estructura PMS" más adelante, bajo el epígrafe de programa "ruta de datos", solapamiento de ciclos de memoria) y técnicas de direccionamiento hardware-software (ver en "Concurrencia Mp" bajo el epígrafe de programa "técnicas de multiprogramación" Memoria virtual).

tación PMS daría un esquema más complejo que el de la figura 3.1.2. (b):

- una *memoria central*, por módulos de 5 K-octetos, 1, 2 μ s de ciclo de base, tecnología de núcleos magnéticos
- una *memoria de control* (*) o R.O.S., almacenando programas de control (el continuo hardware-software), por palabras de 80 bits, hasta una capacidad de 7 K-palabras, tiempo de acceso 350 ns, tecnología de semiconductores
- una *extensión de memoria*, por módulos de 8 K hasta 64 K, por palabras de 288 octetos, tiempo de acceso 1 ms/palabra, tecnología de varillas de ferrita
- unidades de *discos*.

Cada componente de memoria posee unas características que lo predestinan a ocupar un lugar dentro de la jerarquía: lectura, escritura, direccionamiento, modo (algoritmo) y tiempo de acceso, caudal, capacidad, intercambiabilidad, etc... Los parámetros "tiempo de acceso", "coste por bit almacenado" y "capacidad" guardan hasta el momento una relación especial de equilibrio, aunque afortunadamente dinámico: si se disminuye el primero, crece el segundo y disminuye el tercero.

El tema de la jerarquización de las memorias proporciona una magnífica ocasión, por ejemplo a través del estudio de un "buffer" asociativo entre memoria (Mp) y procesador centrales (Pc), para desarrollar los primeros conceptos generales acerca de la interacción "tecnología/estructura/rendimiento/coste" y da lugar a la proposición 6.4.1.1. (Sáez, sin publicar).

(*) Su papel en la estructura de los ordenadores, principalmente en el proceso de interpretación y ejecución de las instrucciones, se verá en el apartado "Estructura PMS", identificable en nuestro programa dentro del tema "Ruta de órdenes".

6.4.1.1. *Toda innovación en ESTRUCTURA es posible gracias a un avance TECNOLÓGICO que, puesto al servicio de una IDEA (*) o de una necesidad (*), se justifica técnicamente (**) si la mejora producida en algún factor de RENDIMIENTO es muy superior relativamente al aumento de COSTE del sistema.*

Resumiendo, puede decirse que las mejoras de rendimiento se obtienen por dos vías principales:

- a) *la vía directa: uso de más potente tecnología en los centros neurálgicos del ordenador.* Por ejemplo, circuitos de mayor velocidad en el procesador o en la memoria central.
- b) *la vía indirecta: mejor organización del control y de las comunicaciones entre los centros neurálgicos, normalmente aumentando el grado de concurrencia o introduciendo una forma de anticipación.* Por ejemplo, el "buffer cache" (***), los canales automáticos.

La primera vía juega sobre las unidades, la segunda sobre el sistema.

(*) Un ejemplo brillante de este aserto es la microprogramación, inventada por Wilkes en 1951. Salvo error por nuestra parte, los primeros ordenadores microprogramados se difundieron industrialmente allá por el año 1964, cuando se dispuso de la tecnología *ad hoc*, y para responder a necesidades de compatibilidad lógica entre distintos modelos de una misma serie. Creemos que en la etapa actual (ver 1.1.4.) incluso una buena idea, aún contando con tecnología que la apoye, será rechazada o puesta en conserva hasta tanto no se demuestre que viene a cubrir una palpable necesidad (ver 6.4.4.1.). Es claro que la necesidad puede manifestarse tanto en el ámbito de diseño como en el de aplicación, de preferencia en este último.

(**) No podemos olvidar que existen otras dimensiones (apartado 4). Ver más adelante proposición 6.4.4.1.

(***) Sobre el "buffer cache" (palabras intraducibles para designar una memoria muy rápida entre el procesador y la memoria central) seleccionamos como fuentes de referencia (Gunderson, 1970), (Lorin, 1972), (Katzen, 1971).

Si hubiera que clasificar los sistemas jerarquizados de memoria (*) diríamos, con Katzan (Katzan, 1971), que éstos caen dentro de tres grandes categorías:

1. Sistemas "buffer" para la memoria principal, transparentes al programador.
2. Sistemas de gestión de memoria, como la memoria virtual, utilizados por el programador.
3. Sistemas de organización y gestión de datos que permiten almacenar y recuperar eficientemente grandes cantidades de información.

6.4.2. *Tecnología, organización, funcionamiento y propiedades de la memoria principal*

Capítulo aparte, sin duda, merece la memoria principal que se estudiará, separada y comparativamente, en las tres versiones actualmente aceptadas desde un punto de vista industrial. *Se pretende hacer comprender en detalle el funcionamiento de la memoria central con tres tecnologías (núcleos de ferrita, película delgada y semiconductores) y las características que predeterminan el rendimiento de la unidad central.*

6.4.3. *Memorias especializadas*

Existen hoy día diversas técnicas y aplicaciones que son posibles eficientemente si se cuenta con dispositivos adecuados de almacenamiento. Ya hay una larga lista: ciertas técnicas de procesamiento

(*) Acerca de la importancia actual del estudio de estas cuestiones puede dar idea el hecho de que, de las diez sesiones de que consta un Coloquio Internacional a celebrar en Octubre 1973 sobre "Técnicas, organización y empleo de las memorias", cuatro se dedican a ellas.

de expresiones aritméticas, la microprogramación, la gestión de páginas en un ambiente de multiprogramación...

Por esta razón, es menester *aclarar y comparar las características funcionales más importantes de las memorias en relación con la información* (ver apartado 6.2., "unidades superiores de información"), *haciendo hincapié en dispositivos especializados y en sus aplicaciones más importantes.*

Todos los dispositivos especializados de memoria que pueden estudiarse en este capítulo adquieren progresivamente mayor interés por su incidencia en la estructura física del ordenador (ver "jerarquías de memoria", apartado 6.4.1.) y en la estructura del software, absorbiendo muy diversas tareas de los sistemas operativos. Concedemos atención relevante a los dispositivos de *memoria "de sólo lectura"* (R.O.M. = *Read Only Memory* o R.O.S. = *Read Only Store*) y de *memoria asociativa*, que juegan un papel de primer plano en los últimos modelos de ordenadores.

6.4.4. *Factores técnicos y económicos de evolución en la tecnología de memorias*

Resulta apasionante analizar la evolución de las distintas tecnologías de la memoria central. Varios autores lo han hecho, la mayoría desde un punto de vista técnico y algunos desde un punto de vista económico (ADP, 1971; Koehler, 1971), con proyección al porvenir.

La "vieja" tecnología de los núcleos de ferrita, azuzada por la competencia, ha renovado sus armas y ha pasado de las aproximadamente 100 milésimas de pulgada de diámetro a 12, con un tiempo de conmutación de 100 ns (Norman, 1971; Turnbull/Kureck, 1971). Existen memorias comerciales de núcleos con ciclo de alrededor de 500 ns. Las extrapolaciones para la presente década, aunque no coincidentes en lo cuantitativo, arrojan que los núcleos seguirán predominando en número de bits instalados y que los semi-conductores crecerán fuertemente, como así viene sucediendo. El precio por bit de semiconductor disminuirá con fuerza. La tecnología de

ferritas, con mejoras del índice coste/rendimiento de 28 veces entre 1960 y 1970 (Petschauer, 1970), está llegando a su punto de estabilización.

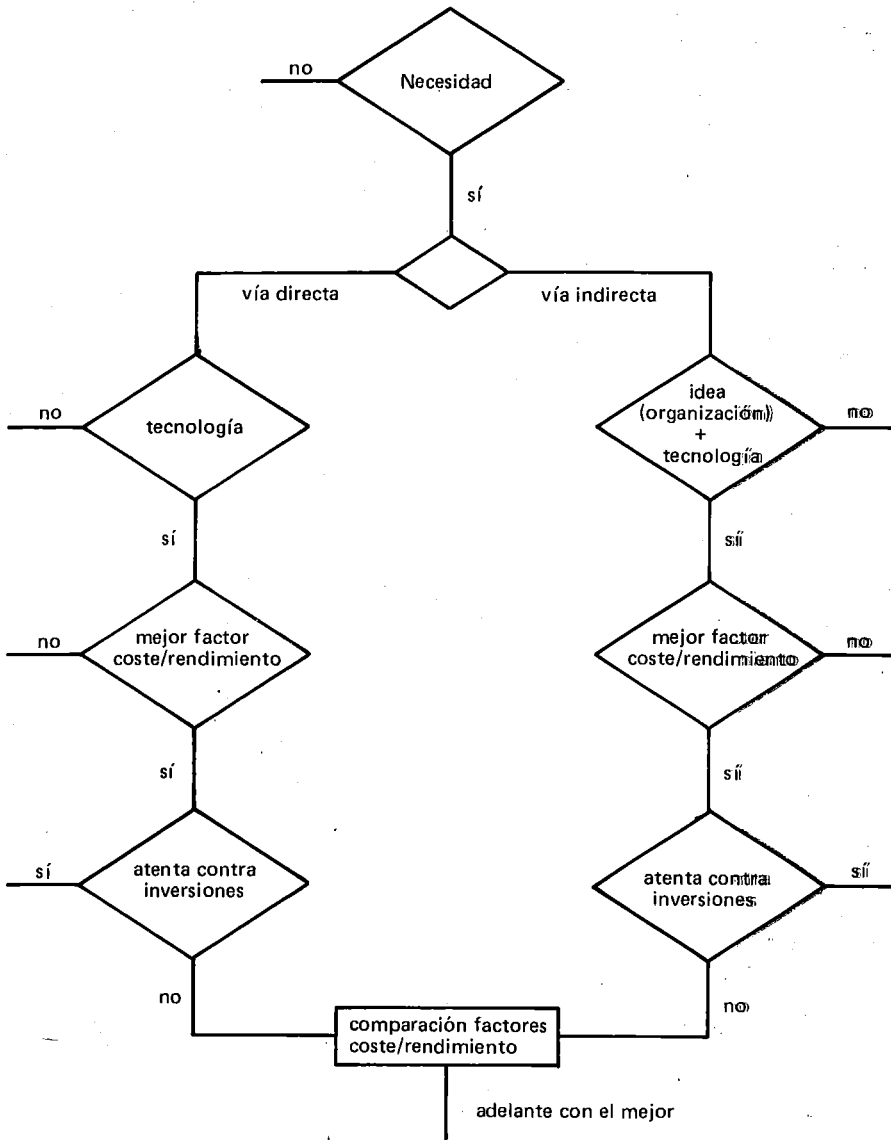
Todo lo anterior está bien. Son datos y estudios de tendencia, realizados por expertos de diverso calibre, basados a menudo en proyecciones de mercado y en razonamientos técnicos y/o económicos aplicados a casos específicos. Nosotros nos hemos preguntado si es posible encontrar un modelo de razonamiento aplicable a cualquier tecnología, que permita encuadrar de manera lógica, no sólo los estudios extrapolatorios sino los juicios que frecuentemente encontramos en la literatura técnica acerca de una determinada tecnología y su prevista evolución. La respuesta es provisionalmente afirmativa.

Trabajando sobre un buen número de los datos y proposiciones presentados en esta Memoria (1.1.2.; 1.1.3.; 1.1.4.; 2; 4.2.; 4.3.; 5.3.3.3.; 6.4.1.1.), particularizándolos, para fijar ideas, al futuro de los semiconductores como base de la memoria central, obtenemos una nueva proposición (6.4.4.1.), que viene a completar por su superior perspectiva a la emitida en 6.4.1.1., y cuya validez hemos contrastado en relación con los siguientes desarrollos modernos: "buffer cache", dispositivo de topografía de memoria, memoria de película delgada NDRO, microprogramación, minicomputadores. Contratación que se discute, durante el curso, en la última lección del tema "Memorias".

6.4.4.1. *Una técnica o una tecnología es, o debe ser, introducida a nivel industrial cuando viene a cubrir una necesidad o produce sustanciales mejoras de rendimiento, siempre que no atente contra las inversiones (*) de la comunidad de constructores-usuarios. (Sáez sin publicar).*

(*) Por "inversión" debe entenderse no sólo la puramente financiera, sino la inversión en trabajo, en formación, en ideas, en molestias, en tiempo, en modificaciones de estructura, etc. y al decir "atentar contra" no se quiere significar inmovilismo sino dosificación de los cambios para que éstos sean absorbidos por un sistema cuya estructura y relaciones tienden a un equilibrio dinámico, con un crecimiento sostenido.

Las proposiciones 6.4.1.1. (con las consideraciones 6.4.1.1. a) y 6.4.1.1. b)) y 6.4.4.1. se sintetizan en el siguiente organigrama, que esquematiza, a nuestro juicio, —ciertamente de una manera muy abstracta, dada la complejidad del asunto—, la secuencia de estudios que deben llevar a adoptar una determinada decisión sobre la incorporación en plan industrial de cualquier tecnología o técnica.



Fuentes de referencia

Nos han servido para el tema de jerarquías de memorias los siguientes trabajos: (Grunberg, 1970-72), de carácter sintético; (Katzan, 1971), referido a un sistema de memoria de una serie concreta y muy importante de ordenadores; (Lorin, 1972), para la memoria "cache", igualmente (Rajchman, 1970). Uno de los primeros trabajos publicados y quizá el más completo sobre memoria "cache" lo debemos a Liptay (Liptay, 1968), donde se describen su funcionamiento, su rendimiento y los criterios seguidos en la elección de sus parámetros de dimensionamiento. (Meinadier, 1973), con carácter general, nos ayuda en este tema y con especial profundidad en los conceptos de organización avanzada de memorias y de memoria virtual; (Gunderson, 1970), sobre memoria asociativa y otros tipos, interesantes en cuanto a la organización de los ordenadores de la presente década; por último, la recensión que Feth (Feth, 1969) hace de los trabajos presentados a un simposio sobre organización y jerarquías de memoria.

El segundo tema (apartado 6.4.2.) es más fácilmente documentable. No citamos de nuevo los textos generales sobre ordenadores, donde se encuentran descripciones suficientes para una primera toma de contacto, ni la variedad de especificaciones técnicas de memorias comerciales. El artículo de Grunberg (Grunberg, 1970-72) es recomendable de leer. (Rajchman, 1970) contiene esquemas y características reales. Si quiere profundizarse en organización y tecnologías hay que acudir a (Riley, 1971), por lo menos es la única recopilación que conocemos al respecto. La técnica de memorias de película delgada se encuentra rara veces descrita, quizá por haber sido prácticamente exclusiva de dos o tres casas constructoras, y esto nos ha movido a escribir y utilizar en la E.T.S.I.T. una síntesis de la misma (Sáez, 1973 (2)). Ver también en (Riley, 1971), capítulo "Thin films".

De memorias especializadas se ocupan, además de (Meinadier, 1973), (Eadie, 1971), con esquemas de R.O.M. y asociativas; (Rajchman, 1970), igualmente; (Harding et al, 1971) trae una interesante clasificación de las memorias incluyendo en una escala, en relación con el tiempo de escritura, a todas las memorias R.A.M. (Random Access Memories), desde la memoria de lectura/escritura hasta la

R.O.M. inalterable; (Foster, 1971) dedica su atención a los dispositivos de almacenamiento versus la arquitectura de los ordenadores, tocando en especial a las memorias asociativa (C.A.M. = Content Addressable Memory) y de pila (Push Down). Por último, (Patton, 1970) nos ofrece un interesante artículo acerca de aspectos poco tratados, como son los efectos de la inadaptación de la jerarquía de memoria sobre los sistemas operativos y sobre la eficacia de los programas de aplicación y la influencia que los dispositivos especializados pueden tener de cara a una mejor estructuración de las unidades superiores de datos.

Llegando al estudio de los factores técnicos y económicos en la evolución de las tecnologías de memoria, el tratamiento que es dado encontrar en la literatura es siempre parcial, específico y no corresponde a las metas que nos marcamos en la formulación de nuestros objetivos, razón por la cual nosotros damos a este y a otros temas un tratamiento original acorde con dichos objetivos y que esperamos publicar en breve. Citaremos algunos de los trabajos que nos han servido en la recogida de datos: (ADP, 1971) y (Koehler, 1971) orientados al estudio de la evolución del mercado para las tres tecnologías estudiadas en el apartado 6.4.2.; la serie titulada "The dramatic impact of silicon technology", de la cual son de destacar (Moore, 1971) y (House; Henzel, 1971) sobre memorias de semiconductores; también sobre memorias de semiconductores y extraordinariamente documentado recomendamos (Thompson, 1970).

6.5.— ESTRUCTURA PMS | CONMUTACION | FUNCION DEL PROCESADOR

La descripción de un sistema consiste en la unión de la descripción de sus partes, más una descripción de sus interconexiones. Abundando en ello, el diagrama de la estructura PMS de un ordenador, con los valores de sus distintas dimensiones especificadas para cada componente, es como una radiografía del comportamiento "fluídico" del ordenador.

Interpretar, componer y/o evaluar tales estructuras es, en cierto modo, otra manera de formular una buena porción, si no la totalidad de nuestros objetivos de asignatura, razón que justifica un énfasis especial en el estudio de la dimensión *estructura PMS*, y de sus correlacionadas *conmutación y función del procesador*. Los posibles valores de cada una de estas dimensiones son complejos y numerosos y ciertamente los esenciales deben ser muy bien aprehendidos. Así, existen *estructuras (*)* con un solo procesador central (1 Pc), otras con un procesador central y *n* procesadores de entrada/salida (1 Pc – *n* Pio), etc... pero ¿qué es, cómo funciona, de qué dispositivos se compone y por qué (**), qué operaciones realiza (***), cómo se comunica (****) con la memoria principal y con los periféricos, un procesador?

Tomamos de Meinadier (Meinadier, 1973) las líneas maestras de apoyatura al estudio básico de estas dimensiones, ordenadas según tres grandes temas (ver **Programa**):

1. RUTA DE DATOS, para analizar la estructura PMS de los componentes *procesador central* (Pc) y *memoria principal* (Mp), descendiendo hasta el subnivel RT (ver 3.2.1.).
2. RUTA DE ORDENES, para analizar la *estructura interna del procesador* Pc hasta el subnivel RT de su proceso de interpretación de la información numérica lógica. Recorrido del nivel ISP y extensión al estudio de las versiones microprogramadas.
3. COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR, para analizar la *estructura PMS de los componentes Pc, Mp y periferia T* (ver 3.4.1.). Se insistirá en el proceso de interpretación de las entradas/salidas en relación con la estructura PMS correspondiente, distinguiendo la función y la situación funcional de los componentes P, K y S (3.4.1.), y examinando los grados de rendimiento resultantes.

(*) Dimensión estructura PMS

(**) Dimensiones estado de memoria del procesador | tecnología | tipos de datos...

(***) Dimensión función del procesador

(****) Dimensión conmutación

6.5.1. Ruta de datos

Es el conjunto de órganos para transferir (L, S), memorizar (M) o procesar (D, S) las informaciones (instrucciones (I), direcciones (DI) y operandos (O)) procedentes de la memoria principal (Mp). Son los buses, registros y unidades de procesamiento que están en la unidad central.

El funcionamiento del ordenador puede analizarse con dos grados de detalle. Un programa es como un conjunto de estímulos del mundo exterior ante el cual el ordenador tiene que reaccionar de modo automático. *Macroscópicamente*, el ordenador es un autómatá que se comporta de forma distinta ante cada nuevo conjunto de estímulos. *Microscópicamente*, cada instrucción es un estímulo que provoca en el ordenador siempre la misma respuesta: un microprograma. Utilizando una analogía fisiológica, podríamos decir que la instrucción y sus ingredientes (dirección y operando) son información, que se vehicula por los canales sensoriales —ruta de datos— para dar origen a una reacción gobernada y controlada por los canales efectores o motores: ruta de órdenes (*). *La ruta de órdenes es, pues, el conjunto de órganos (circuitos lógicos) para gobernar y controlar las actividades (transferir, memorizar, procesar y/o conmutar) de la ruta de datos en la unidad central y de otras redes subordinadas, en el proceso de búsqueda, interpretación y ejecución de las instrucciones.*

El cuadro de la página siguiente resume el contenido y la intención del tema *ruta de datos*, que aquí no podemos comentar más que muy brevemente. Se estudian sus funciones, los elementos que la componen y su forma de operar, destacando la relación orgánica y funcional de ésta con la red de órdenes (habitualmente, control central Kc).

De interés predominante resulta el sistema de registros y las técnicas de direccionamiento, que no analizaremos de forma aislada sino en relación con su contexto tecnológico, al objeto de resaltar los ras-

(*) O "red de órdenes", denominación creada por nosotros a semejanza de la "ruta de datos", esta última traducción que hemos adoptado por "chemin des données" o "data path".

| FUNCIONES | ELEMENTOS DE LA RUTA | OPERACION | ESTRUCTURA | | | |
|------------|--|--|-------------|---|--|--|
| | | | GENE-RACION | REGISTROS | DIRECCIONA-MIENTO | EVOLUCION Y TENDENCIAS |
| transferir | <ul style="list-style-type: none"> buses conexiones decodificadores circuitos de seleccion | <p>secuenciamiento de microórdenes</p> | 2a | <ul style="list-style-type: none"> independientes especializados pocos | <ul style="list-style-type: none"> absoluto indirecto indexado < relativo | <ul style="list-style-type: none"> complejidad ruta lógica \neq ruta física |
| memorizar | <ul style="list-style-type: none"> registros memoria | | | <p>TECNOLOGIA</p> <p>> velocidad > fiabilidad < dimensión < coste</p> <p>muchos multifuncionales memoria local</p> <p>> relativo</p> | <ul style="list-style-type: none"> paralelismo p. ej. especialización ruta de datos | |
| procesar | <ul style="list-style-type: none"> unidades de procesamiento | | | <ul style="list-style-type: none"> compatibilidad científico y gestión | <ul style="list-style-type: none"> direccion. relativo (multi-programación) S.O. | <ul style="list-style-type: none"> anticipación |

RUTA DE DATOS EN LA UNIDAD CENTRAL

gos que condicionan, tanto las realizaciones como la evolución y tendencias en la estructura de la ruta de datos. La tecnología pone en las manos de los diseñadores circuitos cada vez más rápidos, más fiables, más pequeños y más baratos. Esta circunstancia permitió a los diseñadores de la 3ª generación de ordenadores plantearse una serie de ambiciosos objetivos, entre otros:

- conseguir aptitud simultánea para problemas científicos y de gestión.
- conseguir compatibilidad creciente en gamas extensas de ordenadores entre modelos de distinto rendimiento.

Los diseñadores tuvieron que resolver el siguiente dilema técnico:

- a) aumentar las posibilidades y el rendimiento ("throughput", en el lenguaje especializado (*)) en los nuevos ordenadores y compatibilizarlos entre sí en cuanto al uso. La consecuencia es un incremento sensible en la complejidad de los ordenadores.
- b) satisfacer el objetivo comercial de la industria, que consiste en hacer cada día más simple para el gran público el uso del ordenador.

La solución adoptada supuso, desde un lado práctico, el nacimiento de los sistemas operativos (S.O. en el cuadro), en términos generales, y de las técnicas de multiprogramación, en particular. El Sistema Operativo soporta la gestión de los recursos y de las tareas sometidas al ordenador, haciendo transparente (**) al usuario un conjunto de operaciones y programas muy complicados. Consecuencias diversas de este enfoque son:

- la rotunda *dicotomía entre los niveles reales (físicos) de rutas de datos* (y por consiguiente, de ruta de órdenes, al ser ésta

(*) Sin traducción, por ahora. Se le da el significado de *cantidad de trabajo por unidad de tiempo*.

(**) En otras palabras: escamoteándole.

fiel reflejo de aquella) y *los niveles lógicos* de las mismas, que hace compatibles a ordenadores distintos.

- la *extensión de las técnicas de direccionamiento relativo*, coexistiendo con otras técnicas (*). En las máquinas modernas no existe el direccionamiento absoluto.

El reflejo en la estructura física y funcional del ordenador fue grande e inmediata, con cambios muy sensibles en el sistema de registros: proliferación y banalización de los mismos, a veces montados en forma de memoria local; redistribución de funciones y asignación de otras nuevas, etc. A nuestros alumnos tratamos de fijarles estas ideas mediante una narración humorística titulada: "Triste historia del pobre contador de programa: de registro independiente especializado a registro gregario banalizado".

Al mismo tiempo, y cumpliendo casi una ley inexorable (**), se incorporan o ensayan técnicas de alto rendimiento, reservadas en las primeras oleadas de la 3ª generación a los equipos importantes. La mejora física de rendimiento se busca en dos terrenos:

1. Potencia de procesamiento o de cálculo, que afecta al procesador central, a la memoria principal y a sus interrelaciones.
2. Potencia de intercambio con el exterior, que veremos en el apartado 6.5.3.

(*) *Dirección efectiva* es la dirección de la memoria principal donde realmente está el operando. El procesador la obtiene automáticamente después de una serie de operaciones más o menos complejas, que constituyen el proceso de interpretación de las instrucciones, íntimamente relacionado con la misma estructura de la información numérica-lógica. Tales operaciones pueden llegar a realizarse por una combinación de dispositivos de hardware y de software. La multiprogramación exige direccionamiento relativo y si se quiere una adecuada gestión dinámica de la memoria, más aún (ver apartado de "concurrency Mp"). La memoria virtual que, como hemos dicho en el apartado 6.4.1., es un concepto reciente de organización y gestión de la memoria principal incluye también la técnica más avanzada de direccionamiento relativo.

(**) Las técnicas más avanzadas y selectas de un día aparecerán como moneda de uso habitual al día siguiente.

Haremos una rápida incursión en el primero para abocar a unas conclusiones —que se rematarán en el apartado *conurrencia del procesador*— sobre *tendencia en los diseños*:

- *Búsqueda del paralelismo o conurrencia*
 - Buses independientes para las direcciones de las instrucciones y para las direcciones de los operandos y los mismos operandos.
 - Memoria por bloques de acceso independiente.
 - Ruta de datos para operandos y ruta de datos para direcciones e instrucciones.
- *Búsqueda de la anticipación (*)* (técnicas "look-ahead"), para que el procesador tenga que esperar lo menos posible el aprovisionamiento de trabajo.

Puede observarse un fenómeno apasionante en la evolución de la estructura de datos, si fijamos la atención en un período de tiempo que va desde los ordenadores prototípicos de la segunda generación pasando por los ordenadores prototípicos de la tercera, hasta los ordenadores avanzados de la misma, cuya técnica será la técnica corriente en los ordenadores prototípicos que se empiezan a construir ahora. La ruta de datos pasa de estar compuesta por *registros independientes y especializados* a abundar en registros organizados por bloques y multifuncionales y, por último, a desglosarse en *rutas de datos independientes y especializadas* (y por tanto, sus registros). Su evolución aparece pues como una vuelta atrás, a la manera de una pescadilla que se muerde la cola, pero en realidad es una espiral, porque en un principio se basó en una **especialización en el funcionamiento secuencial** y a lo último en una **especialización en el funcionamiento paralelo (**)**.

(*) Ya hemos estudiado en otro contexto una de las más conocidas técnicas de anticipación en la unidad central (ver memoria "cache", apartado 6.4.1.) y generalizado las circunstancias ambientales que las hacen posible en la proposición 6.4.1.1. b).

(**) Parece como si aquí se cumpliera también la teoría de la *tendencia a la integración* propuesta por Koestler, a propósito de los seres vivos: "tendencia al orden creciente, a la creación de formas superiores de unidad en una diversidad más compleja" (Koestler, 1972).

6.5.2. Ruta de órdenes

Como muy bien dice Meinadier (Meinadier, 1973), en la ruta de órdenes se sitúa el corazón mismo del ordenador y, en un sentido estricto, **no es posible comprender perfectamente cómo funciona éste, si no se desmenuza el funcionamiento de al menos una ruta de órdenes completa, después de haber estudiado y manejado un lenguaje de máquina.** De otro modo, el ordenador conservaría siempre algo de su magia.

El problema radica en encontrar la manera de presentar una ruta de órdenes completa, pues ésta suele ser extraordinariamente complicada. En el libro citado tal cuestión se resuelve centrandose en el juego simple de instrucciones de un ordenador hipotético y ello da pie a contemplar en su totalidad los dispositivos fundamentales de la ruta de órdenes: al **secuenciador** llegan informaciones, directamente procedentes de los campos de condiciones de direccionamiento del registro de instrucción o a través del *decodificador de instrucciones*, del *distribuidor de fases*, del *reloj interno* y de ciertos *biestables de estado*, y con ellas genera automáticamente secuencias de señales, llamadas **microórdenes**, que se desparrraman y actúan sobre cada uno de los elementos de la ruta de datos.

El secuenciador, cuyas *ecuaciones lógicas* se calculan, es un autómata de múltiples salidas, normalmente una sola entrada activa y un conjunto de estados representativos de la circunstancia real de la máquina. Produce un microprograma.

microprograma = secuencia de microórdenes/instrucción

microorden = f (instrucción, estado)

Resta conectar este nivel —después de todo formal— de estudio de los dispositivos mencionados con las capas especializadas de diseño lógico y de circuito (ver cuadro 3.2.1. y consideraciones anejas), para obtener una comprensión no sólo horizontal sino también vertical de la estructura, diseño, tecnología y funcionamiento de un ordenador. Con este objeto utilizamos en las clases prácticas de la Cátedra (desde el curso 1972-73) un documento concebido en todo coherente-

mente al modelo formal desarrollado en las clases teóricas (*) (Cuadrado; Costilla, 1973).

La **microprogramación** consiste en reemplazar el secuenciador cableado por un secuenciador programado, residente en una memoria especial, llamada memoria de control, que normalmente es accesible sólo en lectura (R.O.M.). Es ésta la aplicación más corriente de la técnica de microprogramación y fue propuesta por Wilkes en el año 1951, en un modelo cuya finalidad principal era la de sistematizar y simplificar los procedimientos de diseño de la unidad central de control (Husson, 1970). Y a ella dedicamos un par de lecciones. Primeramente, se estudia el principio de funcionamiento del control microprogramado grabado. El código de operación de una instrucción cualquiera es interpretado como la dirección de una posición precisa de la memoria de control, que contiene una microinstrucción. Se llama microinstrucción porque está registrada en una memoria y porque forma parte de un conjunto asociado a la particular instrucción mencionada, conjunto denominado microprograma. Una microinstrucción consta de un código, que da directamente las microórdenes a distribuir al conjunto del ordenador, y de los elementos de información necesarios al desarrollo del resto de las microinstrucciones del mismo microprograma (normalmente la dirección de la próxima microinstrucción). A continuación se revisan algunos de los métodos usuales, tanto para la transforma-

(*) Persigue similar objetivo didáctico de crear aprendizaje a través de la acción que el simulador Samos, —perfeccionado por colaboradores de la Cátedra, primero para ser explotado en batch local sobre el ordenador del C.C.U.M. y ahora, considerablemente modificado y ampliado, en batch remoto sobre el ordenador del Centro de Cálculo del Ministerio de Educación y Ciencia—, en lo referente a manejar un lenguaje de máquina. En ambos casos, el alumno recibe un refuerzo psicológico, factor imprescindible al aprendizaje. El lenguaje Samos, u otro semejante, es muy diferente de un lenguaje de alto nivel, razón por la que lo incluimos en nuestro programa, pero además complementa de manera natural, y hasta documental, lo aprendido en programación básica (ver apartado 5.3.5. la referencia citada en 5.3.5. y recogida de nuevo con el número (1) en la BIBLIOTECA BASICA 1973 del Capítulo Fuentes). En cuanto al documento que acabamos de mencionar es una síntesis de dos proyectos de fin de carrera tutorados por nosotros, los cuales, a su vez, desarrollaban el modelo teórico de un pequeño ordenador explicado durante el curso académico 1970-71 (Sáez, 1970 (2)).

ción de la microinstrucción binaria en microórdenes como para el direccionamiento de las microinstrucciones, terminando con un ejemplo simple, pero completo, de desarrollo de un microprograma.

Aunque nuestro objetivo más importante sea el de introducir a nuestros alumnos al conocimiento de las versiones microprogramadas de los ordenadores, no dejaremos de resaltar además, ciertos puntos de interés.

"La microprogramación es análoga a la programación convencional. El programador le dice al sistema o al dispositivo *lo que tiene que hacer* por medio de instrucciones en la memoria central. El microprogramador le dice *cómo lo tiene que hacer*, controlando qué elementos lógicos y de memoria deben usarse y cómo para cada operación. Así, la instrucción de máquina, que para el programador representaba el nivel más profundo de comunicación con el sistema, puede contemplarse ahora como una subrutina cerrada desglosable en secuencia de funciones más elementales llamadas microinstrucciones" (Husson, 1970).

Ya hemos aludido a lo largo de esta Memoria al continuo hardware-software, presente también en los objetivos formulados para esta asignatura (5.5.2.). Es evidente que la microprogramación plantea de forma llamativa lo convencional de la línea divisoria entre los dominios del hardware y del software (*). Pero quisiéramos ver también esta técnica como un importante grano más de arena que podría ir contribuyendo a la gestación de un enfoque distinto de la concepción de los ordenadores. La concepción de los ordenadores se ha iniciado siempre de abajo arriba, o sea, el circuito se ha hecho algoritmo, por expresarlo de manera metafórica. En términos generales, se ha ido del hardware al software. Sin embargo, la verdadera esencia de los ordenadores es el software, nivel todavía sin formular. Por ello, es de esperar que la concepción futura se llevará de arriba abajo, o sea, el algoritmo se hará circuito. Esta es nuestra interpretación personal de los esfuerzos em-

(*) Opler acuñó, en 1967, el vocablo "*firmware*" para designar al software materializado por procedimientos de microprogramación (Opler, 1967).

prendidos para formular lenguajes y compiladores de hardware (ver 6.3.2.), que están haciendo emerger los niveles y modelos específicos del ordenador (ver 3.2.5.). En este mismo sentido, *la microprogramación pone de manifiesto la auténtica naturaleza algorítmica de las operaciones de control, más parecida en su estructura a la programación que al tradicional enfoque tomado en préstamo de los dos subniveles inferiores de diseño lógico* (ver 3.2.1.) (*).

Las aplicaciones actuales y las que se prevén para un futuro inmediato desbordan el marco establecido aquí en el tratamiento de la ruta de órdenes. Husson las clasifica en las siguientes categorías:

1. *Diseño de un control eficaz para una arquitectura bien especificada de un sistema* (dicotomía de niveles lógicos y físicos; ver 6.5.1.). Se basa en que ya no es cierto, como se dijo en 6.5.1., que, microscópicamente, cada instrucción sea un estímulo que provoque necesariamente en el ordenador siempre la misma respuesta, ya que, de un diseño a otro —dentro de la misma arquitectura— es posible cambiar fácilmente el microprograma.
2. *Modificación de una arquitectura (**) existente, con o sin modificaciones del flujo de datos existente.* (Se refiere a los conceptos de repertorio de instrucciones a la medida o de extensibilidad del mismo a gusto del consumidor. El ordenador universal es un hecho, pero una arquitectura universal no es una arquitectura óptima para muchas clases de aplicaciones).

(*) Recordamos que, en el apartado 3.2.2., se dice que los subniveles mencionados no son exclusivos de la técnica de los ordenadores, aunque son la base de su diseño. El subnivel R-T, inscrito dentro de la tendencia que acabamos de señalar, ha nacido, por el contrario, en el campo del ordenador.

(**) "Arquitectura" en el sentido que le da Husson. Utilizado aquí para describir los atributos del sistema tal como los ve el programador; representa la estructura conceptual del comportamiento funcional del sistema. (Husson, 1970).

3. *Emulación de algunas estructuras de hardware.* (Se refiere a dotar a algún sistema de la capacidad de interpretar y ejecutar otras arquitecturas o lenguajes de alto nivel).
4. *Integración del hardware y de diferentes niveles de software.* (Se refiere al firmware).
5. *Aplicaciones especializadas.*

En suma, creemos que la técnica de la microprogramación ofrece, lo mismo por su interés teórico que por su potencial práctico, un considerable atractivo que parece necesario atender sirviéndose del mecanismo paralelo de conferencias, cursillos, seminarios e investigación (*).

6.5.3. *Comunicaciones con el exterior*

Considerar la interacción de las diversas unidades de un ordenador como un problema de comunicaciones (**) no sólo muestra un nuevo aspecto de las operaciones del mismo, sino que es también condición previa para una comprensión profunda de la eficacia del ordenador como sistema (Gschwind, 1969). Esta opinión, con la que coincidimos plenamente, puede reforzarse rememorando sendos párrafos de esta misma Memoria; el primero, de Simon (ver apartado 1.3.6.), acerca del ordenador "sistema muy complejo que, en lo estructural, es una organización de componentes funcionales en la cual, muy aproximadamente, sólo la función realizada por estos componentes es relevante en cuanto al comportamiento de todo el sistema" y el segundo, nuestro (apartado 3.4.1.), a propósito del nivel PMS, "cuyo interés se centra en el análisis de las cantidades de información en cada componente, de los flujos de información entre componentes y de la distribución del control que actúa estos flujos". Bastaría sustituir en

(*) En nuestra Escuela se han diseñado ya varias versiones microprogramadas de un miniordenador (Memoria E.T.S.I.T., 1973).

(**) Una de las proposiciones esenciales de Wiener, recogidas por (Ponte; Brailard, 1971), afirma, aludiendo a los ordenadores, que "estas máquinas constituyen esencialmente sistemas de comunicación".

la observación de Gschwind la palabra "*unidades*" por la palabra "*componentes*", para que aquella expresase con absoluta nitidez ahora, en 1973, toda la generalidad y alcance del problema de las comunicaciones en el ordenador.

En un sistema ordenador la estructura de sus comunicaciones podría ser tan variada como se quisiera, oscilando entre dos soluciones extremas: una, que cuenta únicamente con un nudo de intercambio de forma que, a la manera de cierto tipo de intercambio telefónico, solamente un abonado puede estar conectado a otro y escuchar o hablar, pero no ambas operaciones simultáneamente; otra, en que toda comunicación simultánea es posible. Con esta perspectiva abordamos ante los alumnos la tarea de hacerles ver cómo el diseño de un sistema eficaz consiste en la selección de una cantidad razonable (*) de rutas de comunicación entre los componentes del ordenador. Intentamos asimismo proveerles de un marco de referencia en que puedan situar la significación de las distintas estructuras, análogamente a como combinando distintamente parte de las piezas (aquí, componentes) de un meccano, obtendríamos diferentes figuras y mecanismos.

*Aunque de primordial importancia, las comunicaciones de la unidad central de proceso con la periferia representan sólo un aspecto del citado problema, presentado parcial y confusamente además, y casi sin excepción, en la literatura técnica. La terminología correspondiente es fiel reflejo de este estado de cosas (**), desvirtuándose progresivamente en aras de una inflación verbal de origen mercantil. Como pura consecuencia de todo ello, el tema resulta siempre tratado superficialmente, cuando no erróneamente, incluso por parte de técnicos muy experimentados en sistemas de informática.*

La tecnología de la unidad central ha sido y es desproporcionadamente más potente que la de las unidades periféricas, por lo cual éstas han jugado, de tradición, el papel de freno. Las actuales técnicas

(*) "Razonable" en el sentido de la proposición 6.4.1.1.

(**) En líneas generales los modelos descriptivos al uso en el campo de los ordenadores, fieles aún al espíritu de la pirámide de Flores (apartado 3.1.), son menos ricos que la realidad de los objetos y conceptos descritos.

de intercomunicación hay que estudiarlas como genuinos ejemplos de mejoras en organización y, desde luego, su análisis parece inconcebible sin una estrecha referencia a la estructura completa y al rendimiento del ordenador. Esto último es factible sólo haciendo buen uso de los modelos superiores de Bell y Newell.

De los conceptos que componen este tema: evolución de la forma y grado de simultaneidad entre procesamiento y operaciones de entrada-salida; diálogo entre unidad controladora de periférico, "canal" y unidad central; repercusión de las entradas-salidas sobre la organización de la ruta de datos y sobre la estructura de la memoria central, resumiremos ahora —por dar una idea del estilo y alcance de este grupo de lecciones— nuestra concepción del impropriamente llamado "canal".

La palabra "canal", aplicada a los ordenadores, no significa nada preciso y a pesar de ello ha adquirido carta de naturaleza. Este mismo vocablo posee una significación lógica y homogénea, si bien distinta en cada caso, dentro de la Teoría de la Información, de las técnicas de Telecomunicaciones, de la Hidráulica, de la Aerodinámica, etc... En Informática se ha aplicado como sinónimo a las pistas o vías de las cintas magnéticas y de papel perforado y también a dispositivos que controlan el flujo de información entre la unidad central y su periferia. Si no estamos mal informados, este nombre, referido a los últimos dispositivos, puede tener su origen en un producto comercial específico bautizado como *data channel* (Bell; Newell, 1971. Parte 4 sección 1 y Caps. 33 y 41), que, naturalmente ha engendrado posteriores dispositivos de características muy diversas. Otros constructores de ordenadores bautizan sus dispositivos con diferentes nombres. Frente a este maremagnum hemos optado por conservar en nuestras explicaciones el nombre de canal, extrayendo sus funciones, sus operaciones y sus componentes generales y relativizando su estructura a la del ordenador de registros.

El cuadro con que ilustramos la síntesis de los conceptos sobre el canal recoge puntos de carácter general y otros, de carácter específico, aplicables estos últimos a casos particulares. Un canal es una estructura especializada (o que se crea en cada momento) para realizar las funciones de *comunicar la Memoria Central con los órganos periféricos* y de *realizar físicamente la actividad de entrada/salida*. Como

fiel trasunto de la jerarquización de memorias (apartado 6.4.1.) nos encontramos en este terreno con una posible *proliferación de niveles de control, que realizan la función de gobierno en distintos estratos y con distintos objetivos dentro de la organización del ordenador*. Tal jerarquía ha pasado casi desapercibida hasta hoy, por causa del coste relativo excesivo de los circuitos de control, lo cual ha ocasionado la acumulación, en la mayoría de los ordenadores de tipo medio o pequeño, de dichos estratos funcionales en un número menor de estratos físicos. Para una muy sumaria descripción del funcionamiento del canal vamos a referirnos a continuación a uno del tipo más moderno.

| FUNCIONES | OPERACION | | EJECUCION TRANSFERENCIAS ELEMENTALES | | CARACTERISTICAS | |
|---|----------------------------|--|--|--|--|---|
| | FASES | INFORMACIONES para el control | MODO | Simultaneidad con Pc | Parámetro | Significado |
| Comunicación con Mp Entrada/Salida con Mp FIN E/S | INICIALIZACION | <ul style="list-style-type: none"> • Dir. Progr. Canal • Direcc. Canal • Direcc. Periférico • Información estado | bloqueado por interrup. programa por robo de ciclo | nula | caudal | velocidad máxima transf. Mp /canal |
| | TRANSFERENCIAS ELEMENTALES | <ul style="list-style-type: none"> • COP • DEC • CDP quizá IT, ED... | | menos varios ciclos memoria | nº y clase controladores periféricos supervisados | { SELECTOR MULTIPLEXOR (para configuraciones) |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • interrupción • información estado | | menos 1 o ninguno. Total independencia | ESTRUCTURA (ruta datos, ruta órdenes, interrelación con Pc, interrelación con periféricos) | indica rendimiento real Pc - canal Ej. robo de ciclo = procesador autónomo E/S |
| Carácter General | | | Carácter Específico | | | |

CANAL

Dentro de un programa cargado en Mp y listo para ejecución pueden distinguirse dos clases de instrucciones, la primera afectando directamente al Pc y la segunda ordenando una operación de entrada/salida. Esta se realiza de acuerdo a tres fases. En primer lugar, procede *inicializar* dicha operación, recopilando y utilizando las informaciones necesarias que son, aparte de las de estado, siempre presentes, la dirección del programa de canal a ejecutar, la dirección del canal implicado y la del periférico que se ha elegido como soporte de origen o de destino.

Consumada esta primera fase, en que el procesador central dedica su tiempo a delegar en el canal, comienza la segunda, a base de *repetidas transferencias elementales* (una palabra entre Memoria central y canal; un carácter entre periférico y canal) en régimen de gran autonomía respecto del procesador central. El canal ejecuta un programa, almacenado en Mp, utilizando las informaciones COP (Código de Operación Periférica), DEC (Dirección En Curso), CDP (Cuenta De Palabras), IT (Interrupción), ED (Encadenamiento de Datos), etc., con las que controla y direcciona los flujos de datos a/desde la memoria Central. Según la técnica específica, o lo que es lo mismo, según la estructura, varía el grado de simultaneidad física de los procesos del canal y del Pc. Una casi total independencia se obtiene por la técnica del robo de ciclo.

La tercera fase liga de nuevo al procesador central mediante una señal de interrupción, para el control del *fin de la operación de entrada/salida*.

Volviendo a la fase de ejecución del conjunto de transferencias elementales, propia del canal, es de rigor establecer un paralelismo funcional y —cuando la estructura es suficientemente rica y evolucionada— hasta físico, entre el procesador central y el canal.

El procesador central procesa instrucciones de programa.

El canal procesa instrucciones de entrada/salida (instrucciones de canal). Es un procesador de entradas/salidas ().*

| PROCESADOR CENTRAL | CANAL AUTONOMO |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Contador de programa P. ● C.O. en el registro de instrucción ● Dirección operando y registro índice ● Condiciones direccionamiento (indicadores indirección, enmascaramiento, ...) ● Decodificador de C.O. y secuenciador ● U.A.L. | <ul style="list-style-type: none"> ● Registro dirección instrucción canal ● C.O.P. ● D.E.C. y C.D.P. ● IT, ED, EG... ● Decodificador de C.O.P. y secuenciador ● ? |

Un canal llega a poseer una cierta capacidad aritmética y lógica, que aplica a comparaciones simples, a controlar la paridad de los datos o construir una nueva, a formatar, etc.

El paralelismo anterior facilita mucho la presentación de los tipos de canal, en función del número y clase de periféricos que gobiernan. Así, el canal multiplexor aparece como un dispositivo gestor de una

(*) Afirmación siempre válida en su sentido funcional, y cada día más en un sentido estructural. Análogamente a la jerarquía de memorias (apartado 6.4.1.) y a la jerarquía de controles (mencionada en este mismo apartado), se aprecia la emergencia de una jerarquía de procesadores, todo lo cual invalida los habituales procedimientos descriptivos de los ordenadores (ver apartado 3.1.).

multiprogramación de entradas/salidas, orientado en teoría a un mejor aprovechamiento de su caudal.

Las ideas que brevemente acabamos de exponer, desarrolladas *in extenso* a lo largo de varias lecciones, deben rematarse con el estudio comparado de una selección de características concretas de dispositivos reales. Tampoco hay que olvidar otras estructuras de comunicación, de las cuales tenemos un ejemplo interesante en el *unibus*.

Fuentes de referencia

Como fuente básica de tipo general para los tres temas incluidos en este apartado 6.5. utilizamos el libro de Meinadier (Meinadier, 1973). En cuanto a la **ruta de datos** representa ayuda inmejorable el numeroso acopio de casos reales de (Bell; Newell, 1971). (Buchholz, 1962) es un extraordinario documento de ingeniería del diseño de ordenadores, con detalles sobre técnicas de anticipación, de interrupción y de multiprogramación, que no es posible desarrollar en una asignatura introductoria. Citamos, a título de ejemplo, sobre estructuras no convencionales a (Davis, 1969), acerca de la estructura celular del Illiac IV, a (Alabau, 1973), tesis acerca de modelos de estructura modulares, a (Rakoczi, 1969) que presenta una revolucionaria arquitectura, de la que no hemos tenido noticias posteriores, y a (Bell; Newell, 1971), que recogen descripciones de estructuras basadas en una memoria de pilas o en el procesamiento de un lenguaje de programación. Merece leerse y discutirse, especialmente en relación con los objetivos de esta asignatura, un artículo "tutorial", que sintetiza el impacto de la tecnología sobre las estructuras de los ordenadores, bajo referencia (Bell; Chen; Rege, 1972).

La **ruta de órdenes**, bajo la denominación de unidad de control, se puede estudiar, a nivel simplificado, en los textos de (Bartee, 1966), de (Meinadier, 1973) y de (Petitclerc, 1970, 2º tomo). Este último desarrolla un diseño sencillo completo, a nivel lógico. Si quiere llegarse

hasta el nivel de circuito, todavía con referencia a unidades elementales, puede utilizarse (Cuadrado; Costilla, 1973).

Respecto de la microprogramación, puede uno hacerse una idea suficientemente clara con las descripciones dadas en (Meinadier, 1973). Para completar y ampliar dicho texto recomendamos los siguientes trabajos: (Boulaye, 1971); (Husson, 1970), que es la obra básica y fundamental sobre este tema, desde todos los puntos de vista; varios de los aspectos tratados por Husson pueden contrastarse útilmente con los artículos publicados en un número del IEEE Transactions On Computers especialmente dedicado a esta técnica y a sus aplicaciones (Flynn; Rosin, 1971); en (Davies, 1972) hallamos, no sólo un tratamiento general de gran altura, sino y sobre todo una bibliografía comentada y especializada; de las aplicaciones de la microprogramación mencionadas en el punto 3 del apartado 6.5.2. posiblemente, si se exceptúa el diseño del control central, es la emulación la más extendida de todas y el artículo de Mallach (Mallach, 1972) aclara muchos puntos oscuros sobre sus propiedades, limitaciones y ventajas; (Opler, 1967) es artículo precursor acerca de las potencialidades de la microprogramación en el diseño de las actuales y futuras series de ordenadores; para terminar las referencias a las aplicaciones es muy recomendable leer un trabajo donde se describe uno de los más espectaculares diseños de ordenadores basado en la microprogramación (Rakoczi, 1969).

El tema de las **comunicaciones en el ordenador** está, como ya se ha dicho, subtratado en la literatura técnica. Dejando aparte la magistral descripción que, a un nivel muy general, nos hace Gschwind (Gschwind, 1969), no queda mucho más sino completar el capítulo 8 del Meinadier (Meinadier, 1973) y el 3 de (Eadie, 1971) con datos concretos y reales extraídos de los capítulos 33 y 41 del (Bell; Newell, 1971) y del capítulo 4 de (Katzen, 1971). Es ineludible, en un plano más amplio, consultar una obra de Flores (Flores, 1970), poco clara y abundante en errores, pero que aborda las relaciones entre las unidades físicas de entrada/salida y el software de gestión. Permite, en particular, comenzar a desentrañar la serie de eslabones que, en una operación de comunicación con el exterior de la unidad central, ligán una instrucción simbólica de entrada/salida con la culminación física

de la información convocada por la misma, pasando por toda la gestión física y lógica de volúmenes y ficheros, incluyendo el funcionamiento del canal en un ambiente de multiprogramación. En este mismo plano, tanto de parte del contenido como de forma, se sitúa un libro reciente de Dupuy (Dupuy, 1972), cuyo mérito reside más en otra parte, concretamente en el planteamiento de un modelo de sistema a bases de niveles de programación y de tablas de interfase.

6.6.— CONCURRENCIA M_p | COMUNICACION INTERPROCESOS

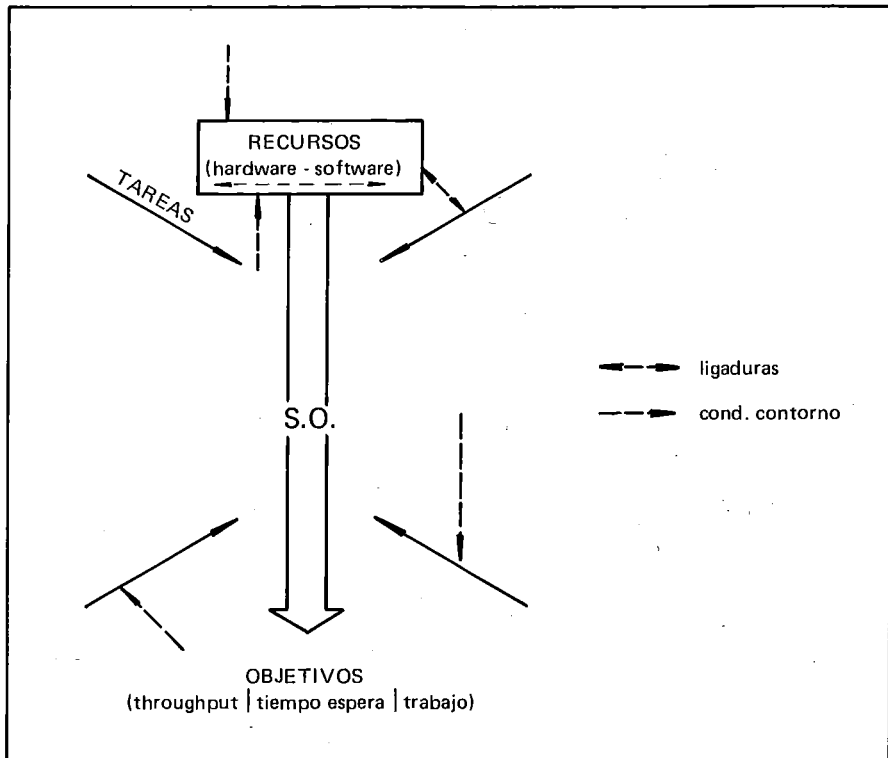
La memoria principal es un componente donde pueden coexistir varios elementos activos de programas, cediéndose ordenadamente el control del procesador central ante ciertas contingencias de funcionamiento del sistema. Se llama *multiprogramación* a una situación de funcionamiento y explotación, en la cual varios programas o partes de programas residen simultáneamente en memoria principal, ejecutándose imbricadamente en el tiempo por un mismo procesador.

Esta situación, considerable bajo muy distintas condiciones y exigencias operativas, representa para nosotros a las dimensiones técnicas cuyo nombre encabeza este apartado. En nuestro programa figura con el título de "TECNICAS DE MULTIPROGRAMACION". Entrar en éstas supone traspasar el umbral que separa una zona didáctica, en que todavía pueden analizarse independientemente el hardware y el software, de otra en que la coherencia pide a gritos su estudio integrado.

Con ser cierta esta proposición no es menos cierta la dificultad de llevarla a la práctica. Para ayudarnos en tan ardua labor, nos valemos de un modelo abstracto de razonamiento basado en la investigación operativa y en las técnicas de optimización corrientes en automática y economía. En él, el *sistema operativo se contempla como el órgano gestor que organiza los recursos y las tareas, dentro de unos márgenes de maniobra impuestos por las condiciones de contorno y*

las ligaduras de éstos, buscando alcanzar unos objetivos en la realización de dichas tareas. Esta operación tendrá siempre un coste adicional de organización porque los programas del sistema operativo son recurso y tarea al mismo tiempo.

Tal modelo necesita abundantes aclaraciones iniciales para identificar los factores que lo componen con los hechos que representan.



Los recursos son limitados. Tienen una estructura, desarrollan una función y pueden conseguir unas "performances" máximas, todo lo cual constituye sus condiciones de contorno. En términos generales, la misma idea es aplicable a las tareas. Por consiguiente, las condiciones de contorno son los atributos de un recurso, de una tarea o de alguna de sus partes.

Son recursos:

El procesador central, con su estructura de registros y de operadores de datos, su proceso de interpretación de las instrucciones, sus tiempos de ejecución.

La Memoria principal, con su capacidad, su ciclo de base, su caudal.

Un canal, con su capacidad de gestión, su caudal.

Un programa de servicio.

Un compilador de Fortran, etc.

Las tareas son los trabajos que hay que procesar, normalmente entregados al ordenador junto con unas especificaciones al sistema operativo, a través de un lenguaje especial llamado "lenguaje de control de jobs".

Ligadura es una interrelación de dos recursos, de un recurso con una tarea o de dos tareas.

En la tabla siguiente nos encontramos ante un hipotético "mix" de programas para procesar en un ordenador de 32K, 10 cintas mag-

| PROGRAMA | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Precedencia | P2 | — | P2 | P3 | — |
| Duración (min.) | 15 | 30 | 60 | 20 | 15 |
| Memoria central | 16K | 8K | 24K | 16K | 8K |
| Nº de cintas | 3 | 5 | 2 | 6 | 1 |
| Utilización estimada de canal | 0,30 | 0,50 | 0,40 | 0,70 | 0,60 |
| Utilización estimada de procesador | 0,70 | 0,50 | 0,60 | 0,30 | 0,40 |

néticas en línea y 2 canales, que ofrece variados ejemplos de ligaduras entre tareas, y entre tareas y recursos. Los programas P1 y P3 no pueden coexistir con P2, porque necesitan que éste sea ejecutado

previamente. P1 y P3 podrían coexistir desde un punto de vista lógico, al menos durante 15 minutos, pero no desde un punto de vista físico ya que el primero está ligado con 16K de la memoria y P3 con 24K, cuya suma excede a la capacidad del recurso memoria (*). Por la misma razón P2 y P4, si no fueran ya incompatibles por la ligadura de precedencia de P4 con P3, lo serían por una ligadura con el recurso "cintas magnéticas". Existen ligaduras evidentes de alguno de los programas del cuadro con los otros recursos; así, P1 está fuertemente ligado al procesador central, pues parece tratarse de un problema rico en cálculos, y, en cambio, P4 tiene una importante ligadura con el canal.

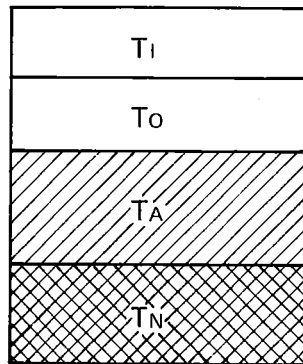
Después de un breve análisis del caso anterior resaltan nítidas ciertas ideas:

1. Toda configuración de ordenador, por la índole discontinua y heterogénea de sus componentes, presenta "huecos" en su procesamiento de la información.
2. Rellenar de la mejor manera estos "huecos" es misión del sistema operativo. La multiprogramación es una técnica avanzada de explotación de los recursos, que exige algún sobredimensionamiento de dichos recursos. De otro modo se complicaría muchísimo la gestión, al disminuir los márgenes de maniobra.
3. *El sistema operativo que, muy a menudo gestiona dinámicamente los recursos de software y de hardware, está ligado a éste de forma absolutamente estrecha.* La existencia o no existencia de un registro —por ejemplo el registro de traslación— condiciona la estructura, funciones y rendimiento de un programa del sistema operativo, como puede ser el cargador, en la actividad de reubicar programas en multiprogramación. Viceversa, la existencia de un programa de gestión, o su calidad, condicionan la buena utilización de un recurso hardware.
4. Un ordenador es, antes que otra cosa, un sistema productivo (ver 4.2.). Su materia prima son los datos (forma muy general

(*) Por hacer más simple la idea, pasamos por alto el espacio de memoria ocupado por los programas residentes del Sistema Operativo.

de denominar a los programas y a los datos para éstos). El sistema operativo dirige, de acuerdo a especificaciones dadas por el hombre, dicha producción. Constituye la programación de base, esto es la interpretación de las normas y procedimientos que guían la adjudicación de los recursos a las tareas y, al igual que cualquier proceso de dirección y de organización, comporta un desarrollo de trabajo no directamente productivo. Es mecanismo análogo al de introducción de energía externa en un sistema con objeto de reducir su entropía, aumentando consiguientemente el orden y potenciando su eficacia. Tal energía hay que pagarla.

5. Los criterios de productividad se expresan vagamente con nombres tales como "throughput", "tiempo de espera" o "cantidad de trabajo", indefinidos cuando se refieren a la totalidad del sistema. Cada uno, sin embargo, es reflejo de una determinada estrategia en la explotación, consistente siempre en optimizar la producción en un horizonte temporal distinto.



Con la figura rectangular queremos resaltar la diferente naturaleza de las cantidades de trabajo que un ordenador es capaz de desarrollar. Su área total corresponde a una cantidad ideal de trabajo, cual sería la permisible en este ordenador de acuerdo a las condiciones de contorno y a las ligaduras entre los recursos físicos, considerando a la información desde un punto de vista meramente fluídico o sin relación programática (ver 3.3.1., óptica PMS, y 3.4.2.).

T_N es la cantidad de trabajo realizable con un sistema operativo elemental, o trabajo *normal*.

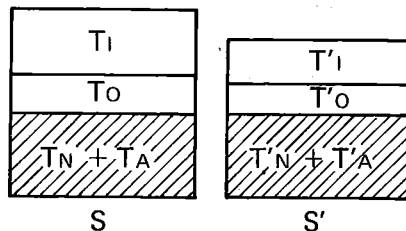
T_A es cantidad de trabajo *adicional*, atribuible a mejor gestión por un sistema operativo que aprovecha los márgenes de maniobra resultantes entre las ligaduras debidas a las tareas y las condiciones de contorno y ligaduras de los mismos recursos.

T_O es la cantidad de trabajo desarrollado con fines de *organización*, normalmente en forma de ejecución de programas del propio sistema operativo. Aquí el recurso se convierte en tarea.

T_I es una cantidad de trabajo *irrealizable* por imposibilidad de adaptar lo programático a lo fluídico (ver 3.4.2.).

La suma $T_N + T_A$, integrada en el tiempo, representa la producción del ordenador. Es evidente que, a partir de un cierto nivel de complejidad del ordenador, éste necesita contar con un sistema operativo para extraer fruto de esa complejidad y producir T_A . El sistema operativo será tanto más eficaz cuando mayor sea T_A , pero si quisiéramos afinar aún más diríamos que su grado de rendimiento relativo vendría dado mejor por la relación $T_O / (T_N + T_A)$, más pequeña cuanto más eficaz el sistema. A decir verdad, en la práctica el concepto *cantidad de trabajo* es difícil de precisar y, por consiguiente, de medir, razón por la que los índices de rendimiento se refieren a menudo a la utilización, en términos absolutos o relativos, de los recursos físicos.

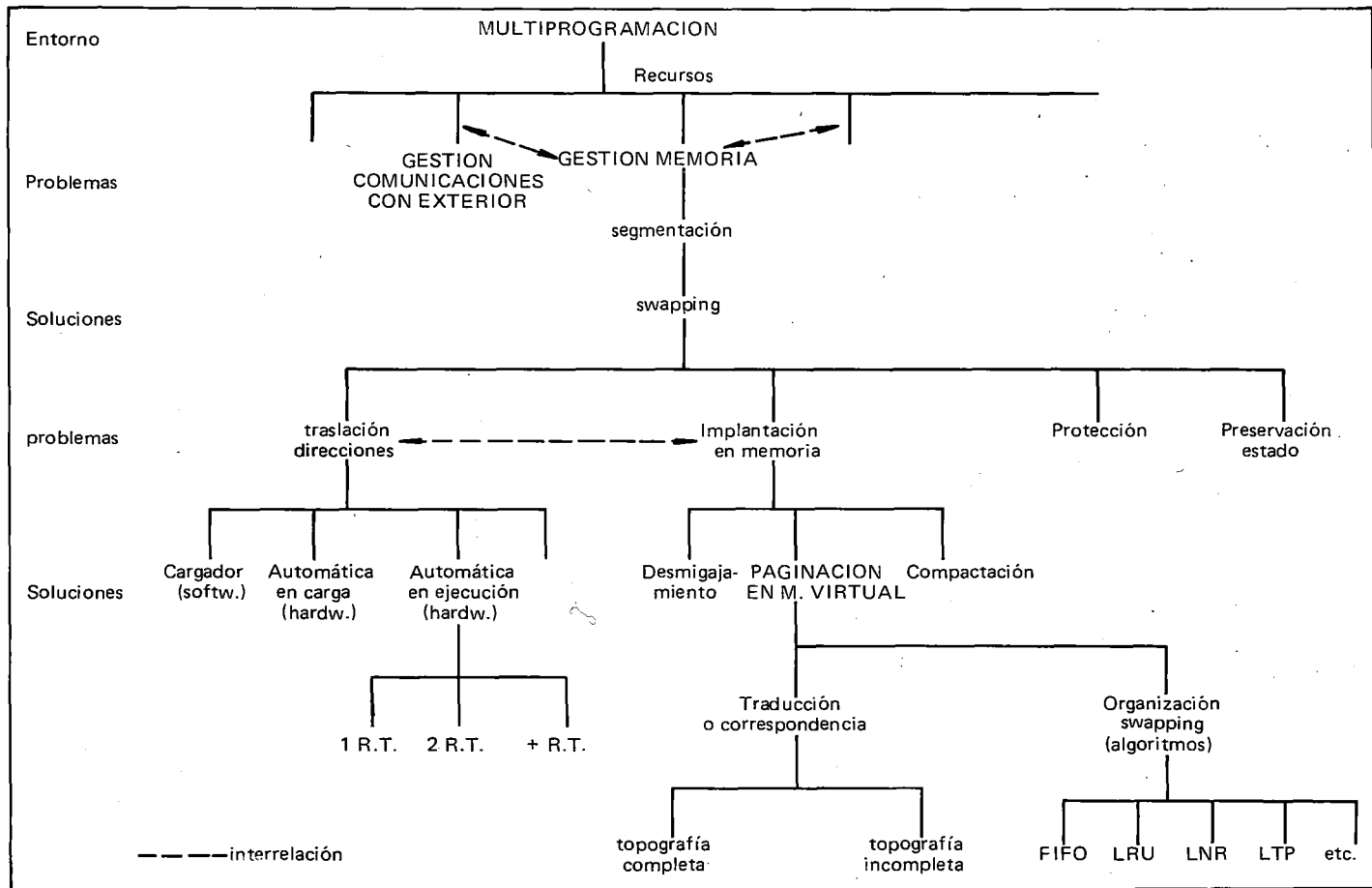
Dejando aparte por el momento, que, dado que todo sistema operativo implica también un sobredimensionamiento de los recursos en hardware y que esta circunstancia impone introducir el factor *precio* en la comparación de las eficacias relativas de los sistemas informáticos ($T_N + T_A \sim T'_N + T'_A$; $T'_O / (T'_N + T'_A) \leq T_O / (T_N + T_A)$);



pero, además precio $S' < \text{precio } S$), nos interesaremos de manera general por estudiar algunas de las técnicas de multiprogramación a la luz de nuestro modelo simple de gestión. A priori, pues, no habrá técnicas mejores que otras. Vinculando siempre los aspectos de hardware y de software, las diversas técnicas aparecerán a los ojos del alumno como combinaciones diversas de los factores de producción (recursos en hardware y software y tareas de servicio), cuya eficacia real se derivará, no del ingenio de la técnica empleada, sino de la mejora de los índices de rendimiento y precio.

En el organigrama de la página siguiente se nos ofrece algo muy parecido a un mapa de los conceptos y técnicas que se discuten en las lecciones sobre "TECNICAS DE MULTIPROGRAMACION". Es conveniente aclarar que la secuencia del programa de la asignatura prevé, con anterioridad, el estudio de las técnicas de gestión del recurso *comunicaciones con el exterior* y también una aproximación sintética a la estructura y funciones de los sistemas operativos en un entorno de multiprogramación (ver programa); con lo cual se hace posible concentrarse aquí en el análisis de los problemas y de las soluciones técnicas de la gestión del recurso *memoria*.

La propia figura nos dice ya que se dan soluciones alternativas al mismo problema. Por ejemplo, el problema, típico en multiprogramación, de la reubicación de los programas en memoria principal y la consiguiente traslación de las direcciones contenidas en cada una de las instrucciones de cada programa, puede resolverse por técnicas puramente de software —verbigracia incorporando funciones al programa cargador— o por técnicas de hardware, a base de uno, dos o más registros de traslación en la unidad central. No cabe duda que cualquier solución crea un nuevo campo de ligaduras que perjudica o favorece determinadas acciones. Así, contando con un registro de traslación (1 R.T.), desaparecen las ligaduras del programa activo con la función de traslación del programa cargador y con una posición absoluta dentro de la memoria central. En cambio, persiste una ligadura entre programa y datos, obligados físicamente a ubicarse en un solo bloque de memoria, y aparece una nueva, materializada en una función del sistema operativo, que deberá cargar en cada ocasión R.T. con la dirección absoluta del bloque ocupado por el programa.



Se concede especial interés a las técnicas de implantación en memoria, sobre todo a la *memoria virtual*. Esta es, además de una técnica avanzada (operativamente hablando), un **ejemplo de oro** para nosotros, pues nos permite emplearnos a fondo en conseguir dos cosas:

1. *Desarrollar un tema acorde en todo a los objetivos y orientación de la asignatura.*
2. *Demostrar palpablemente que este enfoque facilita una comprensión rápida, general, profunda y crítica de las más complejas técnicas de los ordenadores. Veamos cómo.*

Desde el punto de vista del hardware la memoria virtual comporta una combinación de técnicas organizativas diversas, como son la jerarquización de memorias (ver 6.4.1.), el uso de una memoria tan especializada como es la asociativa (ver 6.4.3.) y un direccionamiento tan relativo que su marco de referencia no es un espacio físico, sino virtual (ver 6.5.1.). El conjunto resultante puede calificarse como una ruta de datos cuya organización es muy particular.

Obviamente, esta estructura avanzada del hardware se traduce de forma ineludible en nuevas y complicadas (*) funciones del software. Hacer transparente al programador operaciones tales como el direccionamiento del espacio físico de memoria o la segmentación y encadenamiento de sus programas impone que el sistema operativo las asuma, integrándolas en su compromiso natural de optimizar el rendimiento de todo el sistema en la ejecución de las tareas encomendadas. Estudiamos dos soluciones, económica y funcionalmente distintas: la técnica de topografía completa de la memoria central, con un registro asociativo por cada página física de la memoria central y la técnica de topografía incompleta que, al contar con un número de registros asociativos inferior al de páginas físicas existentes en Mp, los adjudica todos al usuario activo.

El auge que va adquiriendo en estos momentos la memoria virtual, —concepto relativamente antiguo, después de todo, puesto que

(*) Sobre las complicaciones que proporcionan las “complicadas funciones del software” conviene leer un interesante artículo de Boehm (Boehm, 1973).

data al menos de 1963 (Parmelee et al., 1972)—ratifica, a nuestro juicio, la validez de nuestras proposiciones 6.4.1.1. y 6.4.4.1. sobre innovaciones en estructuras o en el empleo de nuevas técnicas o tecnologías. En el caso que ahora nos ocupa, la tecnología posibilita ya disponer de *canales* suficientemente rápidos y de matrices de registros asociativos a precios asequibles para acelerar el canje, la adjudicación, y la localización de las correspondientes páginas y posiciones físicas.

Por último, ofrece una clara oportunidad para aplicar a pleno el modelo de gestión a que aludíamos al principio de este apartado. Los recursos empleados por la técnica de memoria virtual son superiores, tanto en hardware como en software, a otros sistemas de multiprogramación, circunstancia que debe manifestarse de inmediato en la magnitud del equipo. Su mejor rendimiento ha de provenir, en lógica contrapartida, de un campo de ligaduras mucho más transitable. De momento, la partición en páginas transforma la ligadura clásica de contigüidad de todas las instrucciones de un programa en una ligadura de contigüidad, considerablemente menos fuerte, que afecta sólo a las instrucciones de una misma página, mientras que las diferentes páginas de un mismo programa pueden encontrarse salpicadas en cualquier orden dentro de la memoria central. A su vez, parece modificarse, en cuanto al programador se refiere, la condición de contorno de la capacidad máxima de dicha memoria central, ampliada, claro está, a costa de nuevas ligaduras (que se traducen en reducción de la condición de contorno "velocidad de la memoria") con la jerarquía de memorias, cuyo acento se pone en el disco magnético. La carga de trabajo en las tareas organizativas de gestión y consulta de las tablas de correspondencia de páginas —representada por una ocupación del procesador central en operaciones del sistema operativo, más un cierto número de accesos puramente de servicio a la memoria principal— difiere mucho, de una solución exclusivamente por software a una solución intermedia de hardware y software, con topografía incompleta o completa. Como es natural, en cualquiera de estos dos últimos casos el alivio teórico del campo de ligaduras respecto de la memoria principal, producido por enriquecimiento de la jerarquía de memorias, se paga con un aumento del coste de los recursos.

Volviendo a nuestro organigrama, nada nos dice a priori que un sistema con memoria virtual sea más eficaz que otro que trabaje con mera compactación, por ejemplo. El juicio final lo establecerá siempre la ejecución de las tareas reales o bien un estudio comparativo y concreto de los sistemas reales. Los factores T_O , T_A , T_N , o sus equivalentes, y el precio del conjunto suministrarán elementos fácticos de valor. Por lo demás, T_A y T_O dependen críticamente de las ligaduras introducidas por las tareas a realizar (*), cuya dinámica propia puede invalidar, en ocasiones, los modelos de gestión (algoritmos de sustitución, FIFO, LRU, WS, etc.; p. ej. el efecto de "thrashing") y hasta las ventajas teóricas de diseño del sistema concreto de memoria virtual (Kurtz; Cuzzo, 1973).

Fuentes de referencia

Acerca de técnicas de multiprogramación en general, y desde un punto de vista muy amplio, puesto que estudia también otros procesos de paralelismo en hardware y software, tenemos a (Lorin, 1972). El libro de Meinadier (Meinadier, 1973), algo más restringido en su alcance, ya que trata poco el software, es válido para conseguir una visión adecuada de este tipo de problemas. Particularmente sobre memoria virtual hemos recopilado mucha información, por ser de plena actualidad en el mundo de la informática. Citaremos, aparte de los dos textos ya mencionados, que se complementan muy bien en el tratamiento del tema, los siguientes libros o artículos: (Parmelee et al., 1972) bueno, cuando el lector ha comprendido previamente el concepto, por los datos históricos y técnicos que aporta, así como

(*) El dilema típico de la evaluación de un sistema antes o después de construirlo lo plantea Denning proponiendo el enfoque de diseño en los siguientes términos: (1) definir clases de tareas, (2) especificar niveles de rendimiento por clase de tareas, (3) construir máquinas virtuales para cada clase y (4) diseñar un sistema real que reúna las características del sistema virtual. (Schumacher, 1973).

por una extraordinaria bibliografía comentada que remata dicho artículo; (Grunberg, 1972), por sus esquemas, que facilitan la comprensión del concepto de memoria virtual; y (Katzan, 1971), por presentar una descripción muy bien hecha, aunque somera.

Capítulo aparte merece un libro, recientemente aparecido, donde pueden encontrarse descripciones muy detalladas del sistema más famoso del mundo (Organick, 1972) y, por consiguiente, de las técnicas de multiprogramación, incluida su memoria virtual paginada y segmentada.

En cuanto a una discusión de ventajas e inconvenientes de determinados sistemas con memoria virtual, no tanto por los hechos concretos como por su enfoque crítico (aunque sea a posteriori) merece leerse (Kurtz; Cuzzo, 1973).

El modelo didáctico sobre la gestión del hardware y del software, de que nos valemos para facilitar su comprensión a nuestros alumnos no lo hemos publicado hasta el presente. Forma parte de un estudio, todavía incompleto, que pretende llegar a un modelo explicativo de la evolución de las técnicas de ordenadores. Lo hemos utilizado por vez primera en un curso de formación interna a especialistas de una importante empresa constructora de ordenadores.

6.7.— CONCURRENCIA PROCESADOR

Las técnicas de concurrencia del procesador se acogen en el Programa de la asignatura al título genérico de "PARALELISMO FUNCIONAL", título que obedece al deseo de incluir tanto las técnicas de paralelismo físico como las técnicas de anticipación, ambas ya iniciadas en el apartado 6.5.1.

En líneas generales, el fenómeno del paralelismo funcional se ha producido, a lo largo de la historia de los ordenadores, *de tres maneras distintas: por concurrencia real, por anticipación y por una combina-*

ción de las dos anteriores. Para estudiar rigurosamente este fenómeno habría que analizar los tres tipos de técnicas, primero sobre cada componente PMS aislado (ver 3.4.1.) en relación con todos los niveles de información que puede manipular (bit, palabra, instrucción, programa, conjunto de programas) y después, sobre las distintas estructuras PMS, en relación igualmente con todos los niveles posibles de información..

A lo largo del curso aparecen continuamente distintos fenómenos de paralelismo funcional. Un sumador rápido, basado en la anticipación del arrastre, es un fenómeno de paralelismo por anticipación. Una memoria organizada por bloques es un fenómeno de paralelismo por concurrencia real (cuando no hay conflicto) en el mismo componente "memoria". Sin embargo, una jerarquía de memorias *cache-Mp-M.disco* manifiesta un fenómeno de paralelismo funcional por anticipación, no sobre un componente determinado, sino a nivel de una estructura PMS. La multiprogramación es, desde luego, un fenómeno de paralelismo funcional, en relación con el nivel de información "programa", por concurrencia real de distintos componentes (p. ej. Pc y Pio) de una estructura PMS. Resulta evidente que, junto a esta técnica de concurrencia real, coexisten otras de anticipación, como por ejemplo el mecanismo de canje de programas en la memoria central. También es obvio, hoy día, que las técnicas de paralelismo pueden ser tanto de hardware como de hardware-software (Lorin, 1972).

Aunque está claro que ya, por su misma definición, las técnicas de multiprogramación buscan aprovechar más eficientemente la potencia natural del procesador, las técnicas a que nos referimos en este apartado se concentran precisamente en aumentar la potencia de procesamiento. Y ello por dos vías: a) **con un solo componente "procesador"**, manipulando, en paralelo físico, varias instrucciones relativamente independientes (*) de un mismo programa (arquitectura *pipeline*) o viendo acelerado su aprovisionamiento por una *jerarquía de memorias*; b) **con una estructura PMS compuesta de varios elementos "procesadores"**, operando simultáneamente al nivel de varios progra-

(*) Según Lehman, esto es *microparalelismo* (Lehman, 1966).

más independientes (*) (*multiprocesamiento*) o ejecutando varios tratamientos dependientes unos de otros (*máquinas paralelas*).

Las dos últimas lecciones del programa desarrollan brevemente algunos de los conceptos y problemas básicos de las vías a) y b), actualmente sólo aplicables a los grandes ordenadores de cálculo científico.

Fuentes de referencia

Los conceptos necesarios a la comprensión de este apartado están todos en (Meinadier, 1973), incluyendo una descripción muy clara del algoritmo de Tomasulo para la gestión de una unidad aritmética con operadores *pipe-line* y, aproximadamente, veinte referencias seleccionadas sobre el tema. (Bell; Newell, 1971) suministran datos concretos sobre la estructura de varios de los ordenadores más representativos de las técnicas de paralelismo. En (Lehman, 1966) hallamos una discusión ya clásica de la técnica y resultados de las máquinas paralelas. Quien posea el siempre sugestivo libro de Gschwind puede leer dentro del capítulo "Conceptos no convencionales" trece páginas dedicadas a las estructuras paralelas, (Gschwind, 1969).

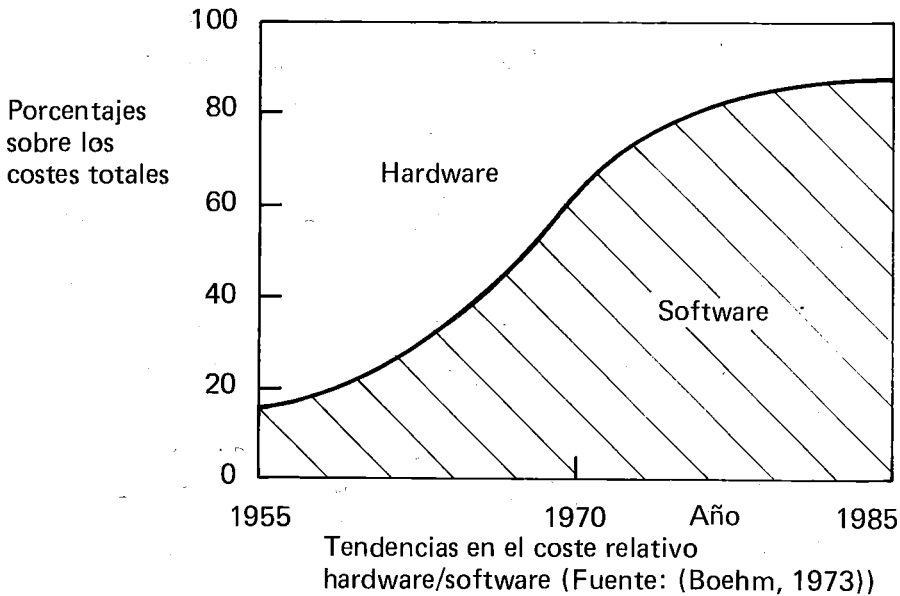
Para terminar este breve comentario de referencias, citamos a (Lorin, 1972), dedicado a analizar y describir los fenómenos de paralelismo de hardware y software.

(*) Según Lehman, esto es *macroparalelismo* (Lehman, 1966).

6.8.— SOFTWARE

Aunque en este punto del curso ya se habrán mencionado y utilizado diversos conceptos de software, sobre todo en la última parte del PROGRAMA, agrupamos en éste bajo el mismo epígrafe varias lecciones que pretenden sistematizar de forma esquemática algunos de los conceptos ya vistos y otros fundamentales al respecto. El software figura explícita y destacadamente en nuestros objetivos (ver 5.5.2.), pero —no lo olvidemos— se pone allí asimismo de relieve la dificultad de su enseñanza.

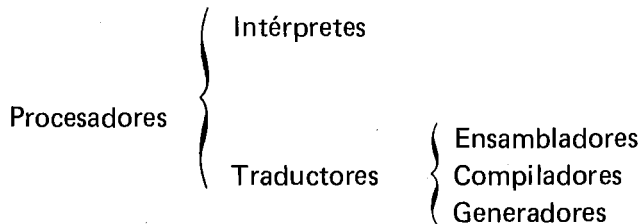
Los niveles de Bell y Newell describen el hardware de los ordenadores. *En el software contemplamos, en cierto modo, la cara menos conocida de éstos, a la que, como se ha apuntado en el apartado 6.5.2., puede que pertenezcan los rasgos más representativos de la fisonomía de los ordenadores.* Hasta el momento, las técnicas del software son técnicas sin dominar, técnicas artesanas, situación reflejada en el coste relativo hardware/software (ver organigrama en 5.3.3.3., válido para el año 1970, y la figura extrapolatoria siguiente).



En dicha figura se contabiliza solamente el software de base, normalmente conocido como software del constructor. Weiss (Weiss, 1969) deslinda en el software de base cuatro clases de programas a) los programas de control, b) los sistemas de entrada-salida, c) los procesadores de lenguaje, y d) los programas de servicio. Por las mismas razones apuntadas anteriormente no hay consenso ni en cuanto a las clasificaciones, ni en cuanto a las definiciones de los componentes del software de base, y, en consecuencia, optamos provisionalmente por una clasificación que distingue tres categorías de programas:

- a) sistemas operativos (*)
- b) procesadores de lenguaje
- c) programas de servicio (**)

Los procesadores de lenguaje son programas que transforman el programa objeto escrito en lenguaje fuente en programa objeto escrito en lenguaje final. El software de base puede comprender procesadores de varios tipos, según el siguiente cuadro.



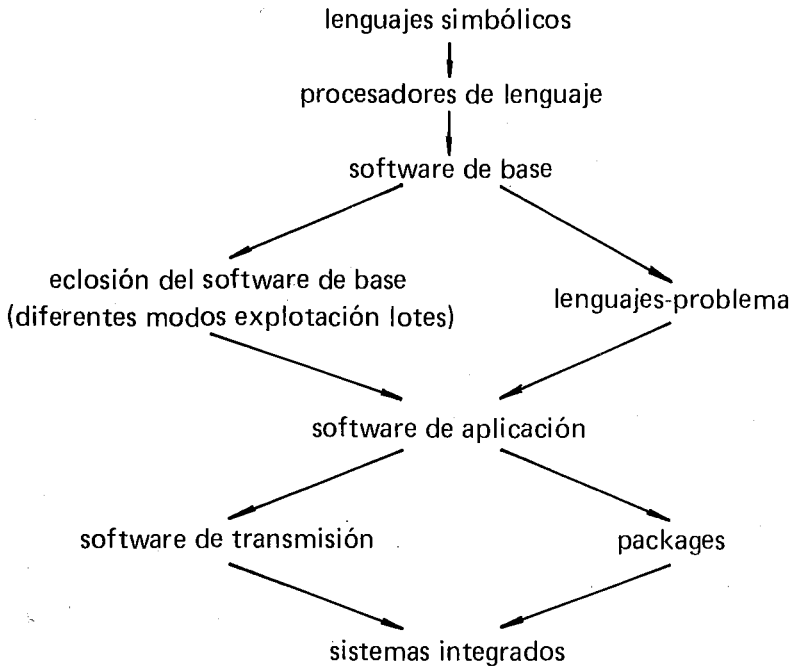
No debemos olvidar que el punto de vista en que nos interesa situarnos, en relación con las técnicas del software, es el de usuarios. Así es como veremos en clase, siguiendo punto por punto un artículo de Shaw (Shaw, 1968), los principios de funcionamiento de las cuatro clases de procesadores (consideradas en su estado puro), las características funcionales de sus lenguajes-fuente y sus propiedades más im-

(*) En el área de influencia francesa, "sistemas de explotación" (cf. Meinadier, 1973).

(**) Una parte de los programas de servicio puede estar convencionalmente incluida entre los programas del sistema operativo.

portantes, terminando con un repaso de los lenguajes "orientados al problema" más usuales (FORTRAN, ALGOL, APL, COBOL, PL1, DSL90, CSL, LISP, APT, BASIC, JOSS, JOVIAL,...).

El próximo gráfico da una idea de la evolución histórica del software, no en el sentido causa a efecto, sino en un sentido intencionadamente cronológico.



Entre las líneas del gráfico habría que leer un permanente desarrollo del software de base, que afecta sobre todo a los sistemas operativos. La IFIP (*) los define así (Auerbach EDP Reports): "Un sistema operativo es una colección ordenada de rutinas y procedimientos que acompañan al ordenador. Normalmente realizan alguna o todas las funciones siguientes: 1) Planificación, carga, iniciación y supervisión de ejecución de programas; 2) Asignación de memoria, unidades

(*) International Federation of Information Processing.

de E/S y otros dispositivos del sistema; 3) Iniciar y controlar operaciones de E/S; 4) Manejar errores y reiniciaciones; 5) Coordinar comunicaciones entre el operador y el sistema; 6) Mantener un diario de las operaciones del sistema; 7) Controlar operaciones en los modos multiprogramación, multiprocesamiento y "time-sharing". Nota: entre las facilidades incluidas frecuentemente en el sistema operativo figuran un supervisor, un planificador, un control de E/S, rutinas de servicio y rutinas monitoras".

Comparando las clasificaciones del software de base propuestas por Weiss y por el autor de esta Memoria nos parece que la definición de la IFIP inclina la balanza de este lado, tanto más si añadimos el peso de un reciente informe (Cosine Committee (2), 1972). El informe citado define, con lujo de detalles acerca de los objetivos, del contenido y de la bibliografía (*), un curso sobre "Principios de los Sistemas Operativos" a los que cataloga como programas de "control", de "supervisión" o "ejecutivos". A nosotros nos sirve como guía (ver en el apartado 5.1. un caso similar) o, si se quiere, como índice de referencia en cuanto a la adecuación del contenido de nuestras lecciones. Pero éstas se apoyarán en el modelo de gestión descrito en el apartado 6.6. y en extractos de un seminario, actualmente en fase de prueba, diseñado y escrito por Marina y Albaladejo (Marina, Albaladejo, 1974).

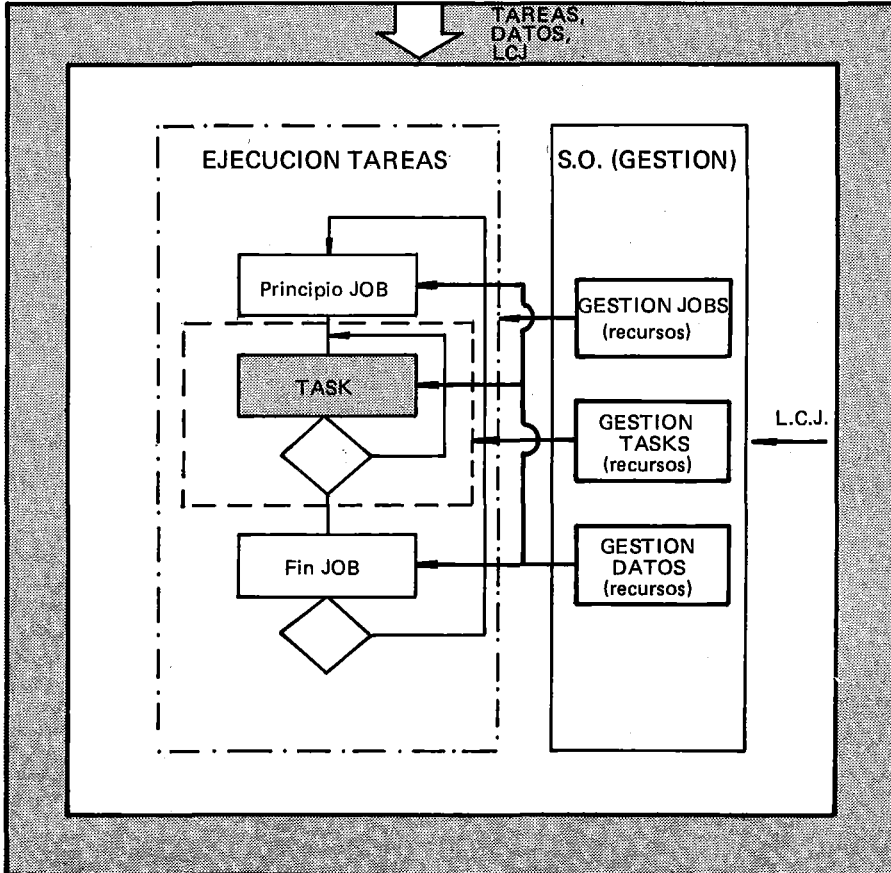
No podemos pretender que nuestros alumnos reciban una descripción exhaustiva de un sistema operativo específico, ni siquiera de un sistema operativo general, con las características más comunes de los actualmente en uso. Pretendemos más bien suministrarles conceptos básicos sobre:

1. *algunas técnicas que potencian el rendimiento de las funciones de un sistema operativo,*
2. *fases y modalidades de intervención de un sistema operativo en las tareas que le son encomendadas,*

(*) El propio informe lamenta de forma explícita la carencia de textos adecuados sobre el tema

3. tipos de procesos y de sistemas operativos aceptados hoy en día.

Con la figura siguiente se busca visualizar a grandes pinceladas el contenido de las lecciones sobre sistemas operativos. Al sistema (hardware + software) se le someten tareas y datos, modulados por una secuencia de un lenguaje de control de "jobs" (*) (L.C.J.). Las indi-



PROCESO: POR LOTES
TIEMPO REAL
TIEMPO COMPARTIDO
ETC.

(*) *Job*, *Jobstep* y *task* son términos técnicos, de difícil traducción, que se aplican a distintos niveles de tareas.

caciones a través del L.C.J. controlan la actividad de las funciones del sistema operativo en su gestión de las tareas y, por supuesto, de los recursos (ver 6.6.). En un entorno complejo de explotación, como el que intentamos esquematizar, las operaciones de planificación, supervisión y control dan lugar a colas competitivas, por lo que la gestión se sitúa a diferentes niveles. El último de ellos, auténtico nivel de ejecución o nivel de "task", comporta la asignación de los recursos físicos y el procesamiento controlado por un programa (bien del usuario, bien del propio sistema operativo). Para terminar, el sistema viene moldeado fuertemente por el tipo de proceso (por lotes, en tiempo real, etc.; representado en el dibujo por un marco) que condiciona, entre otras cosas, los objetivos, la estructura y el funcionamiento del sistema operativo.

Fuentes de referencia

(Shaw, 1968) describe de forma simple, didáctica y correcta los diferentes tipos de lenguajes y sus programas procesadores. En cuanto a los sistemas operativos no existe aún un texto adecuado a nivel introductorio y completo. Se han publicado artículos explicando alguna de las funciones de un sistema operativo, como el de (Flores, 1969), o libros con capítulos dedicados al tema, pero orientados a algún sistema particular, como el de (Weiss, 1969), o bien de carácter muy general o histórico, como (Dréan, 1970), (Newey, 1970) o (Renard, 1968). El libro más completo, pero de ningún modo introductorio, acerca de la estructura, organización y funciones de los sistemas operativos es el (Sayers, 1971). Sin duda más asequible, y con el mismo alcance de conceptos que el anterior, es un curso, todavía sin publicar, en el que principalmente basamos nuestras lecciones (Marina, Albaldadejo, 1974).

Como norma y guía de contenido puede analizarse el informe (Cosine Committee (2), 1972), sin olvidar dos cosas: a) El curso definido por este comité tiene como marco de referencia el ámbito de diseño; b) No existe ningún texto que materialice dicho curso.

Sobre aspectos complementarios del software, en particular de las relaciones software-hardware, repetimos anteriores citas: (Flores, 1970), (Dupuy, 1972), (Lorin, 1972) y (Organick, 1972). Capítulo aparte merece un revelador artículo, recientemente aparecido, sobre problemas prácticos del software que afectan fuertemente a su utilización (Boehm, 1973).

**VII.— DOSIFICACION TEORICA DEL PROGRAMA DE LA
ASIGNATURA**

7.— DOSIFICACION TEORICA DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

De todos los apartados de esta Memoria éste es cronológicamente el último en ser escrito. Había sido anunciado, en cierta manera, en el apartado 5.6. pero era necesario acabar de confeccionar el programa, hasta en sus menores detalles de concepto, para *proceder a la evaluación de su contenido y a su correspondiente contrastación con los objetivos formulados*. Una mínima coherencia exigía esforzarse porque dicha evaluación se hiciera en los mismos términos que han guiado el desarrollo de la Memoria. Y así se ha hecho; los elementos de referencia fundamentales han sido los niveles del ámbito de diseño, enriquecidos con dosis de otras sustancias informáticas, que son los que componen las franjas del cuadro.

El cuadro nos da la distribución porcentual de las lecciones teóricas del programa y no tiene significado alguno en cuanto al orden de las explicaciones del mismo. Creemos que merece algún comentario.

En cuanto al procedimiento de obtención, se ha tomado uno por uno cada tema del programa y se han estimado separadamente las dosis que comporta de los distintos elementos considerados en el cuadro. Al final, se han acumulado simplemente todas las dosis de cada uno de los elementos.

Los elementos de “*introducción*” sirven para presentar una panorámica general, para motivar y orientar a nuestros alumnos y dar una

apoyatura y un marco al resto del programa. En líneas generales puede decirse que están entresacados de los cinco primeros apartados de esta Memoria.

| NIVEL/ELEMENTOS DE REFERENCIA | | | % TIEMPO CLASES TEORICAS | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------|----|----|
| SOFTWARE | | | 8 | | |
| CONEXIONES INTEGRADORAS | | | 13 | | |
| Bell/ Newell | ESPECIFICO ORDENADORES | PMS | 20 | | |
| | | PROGRAMACION | 19 | | |
| | | DISEÑO LOGICO | RT | 12 | 43 |
| | | | SECUENCIAL | 5 | |
| | | | COMBINA-CIONAL | 7 | |
| | | CIRCUITO | 0 | | |
| | | TECNOLOGIA | | 4 | |
| | APLICACIONES | | 7 | | |
| INTRODUCCION | | 5 | | | |

DOSIFICACION TEORICA DEL PROGRAMA

A hablar sobre "*aplicaciones*", en uno u otro lugar del programa, dedicamos aproximadamente un 7 % del tiempo y su objeto principal es describir rasgos técnicos notorios del ámbito de aplicación, estación de destino más probable de los Ingenieros Superiores de Telecomunicación.

Examinando las dosis retenidas de los cuatro niveles de Bell y Newell nos encontramos con unos resultados muy significativos (*):

- a) El esfuerzo dedicado a los niveles *PMS* y de *Programación*, que pudiéramos considerar como representativos de los aspectos más funcionales del ordenador (ver "*objetivos de asignatura*", apartado 5.5.2.), representa un 39 % del total de la teoría.
- b) Al nivel de "*circuito*" no se le concede ni un solo minuto, pues está perfectamente cubierto por las asignaturas de electrónica de los cursos anteriores. De hecho, los cursos anteriores solamente cubren hasta este nivel, pues lo que el programa de Electrónica III llama "*diseño lógico*" es lo que la terminología de Bell y Newell, adoptada aquí, llamaría nivel "*circuito*" de los componentes lógicos.
- c) Esta situación actual de nuestro entorno académico repercute en el contenido de la asignatura. Así, los subniveles de diseño lógico "*combinacional*" y "*secuencial*", no exclusivos de los ordenadores, penalizan nuestro programa en un 12 %. La penalización efectiva es mucho mayor pues habría que tener en cuenta que el cuadro no contabiliza más que las clases teóricas. Las clases prácticas están dedicadas en su totalidad a los niveles de Programación y de Diseño Lógico, ambos de características muy operativas, por lo que, si se estimasen los porcentajes sobre

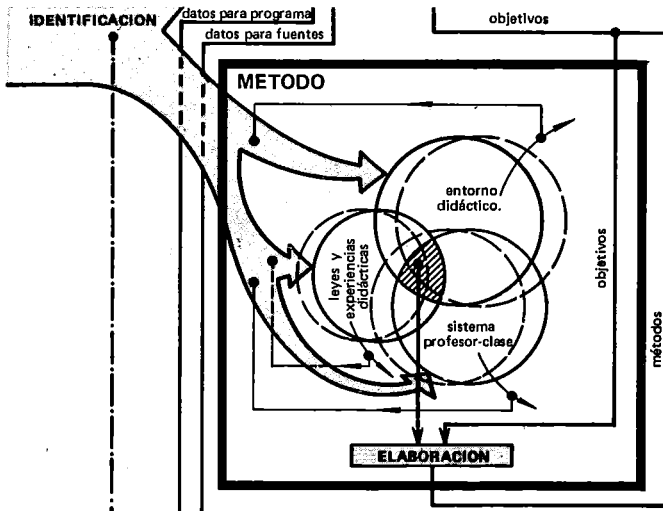
(*) Nos permitimos señalar que estos resultados son —valga la redundancia— un resultado del proceso cibernético de elaboración que hemos seguido (ver *Introducción a los objetivos y estructura de esta Memoria*). En el caso del entorno académico, que se comenta a continuación, es fácil de imaginar que, si se modificasen sus características, el proceso nos conduciría a otras dosis en el contenido e incluso —por "*feedback*"— a otro nivel de objetivos

el conjunto de clases teóricas y prácticas, los dos niveles reseñados arrojarían conjuntamente un saldo de aproximadamente un 60 %.

Los elementos de *"software"* sufren, más que otros, la penalización considerada en los puntos b. y c.

Por último, los elementos de *"conexión integradora"* están básicamente al servicio de la consecución de los objetivos de la asignatura y merecen una especial atención (13 %). Representan el esfuerzo más noble del responsable de la Cátedra. Se pretende con ellos **estructurar y cimentar los conocimientos, relacionar verticalmente unos niveles con otros y horizontalmente los conceptos de cada nivel entre sí, e integrar los niveles y los conceptos con factores ajenos al cuadro y pertenecientes de alguna forma a los ámbitos de diseño y de aplicación.**

Método



Los objetivos mejor pensados resultan inalcanzables si se escoge un camino equivocado o impracticable para ir a ellos.

Este capítulo se propone describir los rasgos fundamentales de un método de enseñanza, original y experimentado por el autor, que, tomando en cuenta la realidad del entorno didáctico y socioeconómico, las características actuales del sistema profesor-clase y recientes descubrimientos acerca de los procesos de aprendizaje, optimiza el camino hacia el logro de unos objetivos didácticos.

VIII.— INTRODUCCION

8.— INTRODUCCION

Todo método de enseñanza que considere de manera realista los elementos del esquema de principio de la página anterior *no puede ser un método magistral*, en el sentido clásico de la palabra. Debemos declararlo ya aquí, porque existe una evidente contradicción lógica, tanto de fondo como de forma, entre el fundamento, la estructuración y la exposición de un programa en lecciones, como requiere el opositar a una cátedra, por un lado, y el método que realmente utilizamos y hasta la misma filosofía que soporta esta Memoria, por otro.

Hemos buscado elaborar unos métodos que sean eficaces con la mayor independencia posible de los propios objetivos y contenidos de la enseñanza; métodos con amplio margen de adaptabilidad a los cambios del entorno, del sistema profesor-clase (*) y a los resultados de las investigaciones sobre didáctica. Nuestra actividad profesional como educadores (**) nos obliga a una continua actualización en este campo, lo mismo desde un punto de vista teórico que práctico, que se traduce en múltiples realizaciones y experiencias. Esperamos poder reunir, ordenar y publicar un día, quizá bajo el título de Metodo-

(*) Ver (Sáez, 1969 (2)).

(**) En diferentes escalones del mundo universitario: Profesor Encargado de Curso, Profesor Encargado de Laboratorio, Profesor Encargado de Cátedra, Profesor Agregado; y desde hace más de 4 años como Director de Educación de una importante compañía multinacional de ordenadores, en el mundo empresarial.

logía Cibernética de la Formación, el cúmulo de ideas, observaciones y datos anotados al paso de estos últimos años. Su objeto será proporcionar una guía para diseñar *sistemas y métodos educativos "on line"*, es decir, mejor adaptados en todo momento a cada conjunto particular de circunstancias.

Ya se ha dicho más arriba que las circunstancias cambian y ello altera, en consecuencia, la validez de un método o las modalidades de aplicación del mismo. Congruentes con dicha evidencia, no daremos datos circunstanciales sobre modos de aplicación sino que describiremos el esqueleto, no más, del método utilizado por nosotros como procedimiento base de la enseñanza teórica de la asignatura. *El método A.T.E.* (Sáez, 1972 (2)) fue presentado públicamente en un Seminario Internacional de la U.I.T. (*), aunque ya venía siendo utilizado anteriormente en la práctica, y desde entonces *ha sido aplicado y validado, con éxito sorprendente, en distintos entornos, con distintos sistemas profesor-clase y con distintas materias y objetivos*. Se modifican en cada caso las modalidades de aplicación, pero el método permanece vigente.

(*) Unión Internacional de Telecomunicaciones.

IX.— EL METODO A.T.E.

9.— EL METODO A.T.E.

9.1.— PAPEL DE LOS METODOS EN LA EFICACIA DE LOS PROCESOS EDUCATIVOS

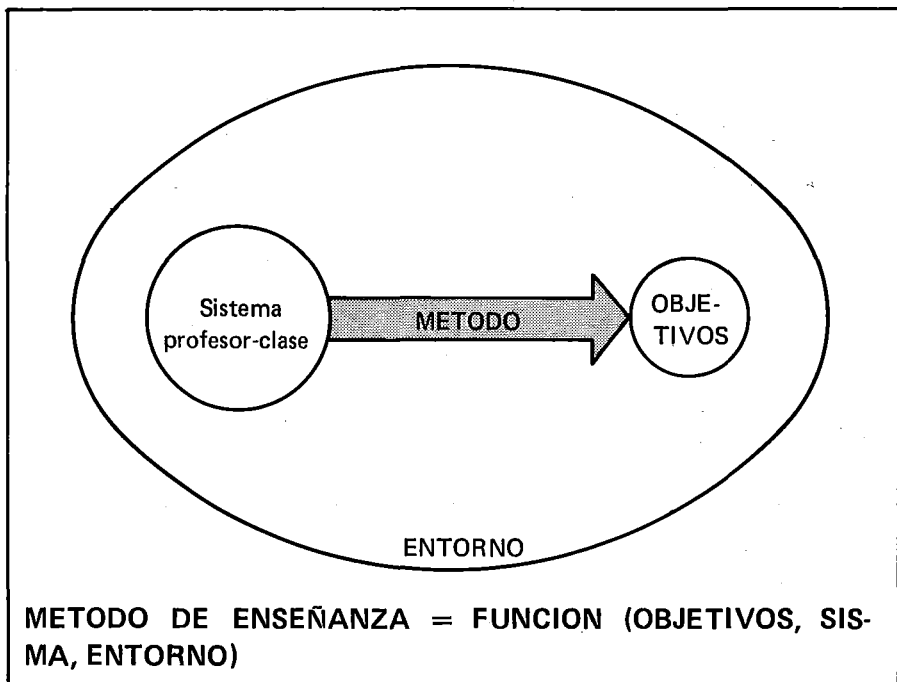
Tradicionalmente se ha estimado que, de los tres elementos que intervienen en todo proceso educativo: *alumno, profesor, método*, es el primero el que condiciona de manera más importante el éxito de dicho proceso. Esto, que siempre es cierto, puede serlo en mayor o menor grado y determinadas circunstancias ambientales, tales como el desarrollo y el consecuente advenimiento de grandes masas de la población a los estudios (*), con las secuelas que esta situación trae consigo, elevan la influencia de los métodos de cara a la eficiencia del proceso. Hoy es imposible, desgraciadamente, considerar la mayoría de las veces al alumno como un ente individual y resulta mucho más apropiado contemplar el conjunto **sistema profesor-clase**. Situaciones tales como un seminario, un cursillo optativo o un grupo de trabajo sobre un tema de interés común se presentan en la actualidad como remansos temporales en los que la adopción de un método, no es que sea desdeñable, pero sí de un peso absolutamente secundario comparado con la motivación y el entusiasmo de los partícipes en la acción.

(*) Por poner un ejemplo ya ligeramente anticuado, el número de alumnos por profesor pasó en la E.T.S.I.T. de 5 en el curso 1949-50 a 27 en el 1966-67 (Foessa, 1970).

Habrá que tener en cuenta estos diferentes aspectos de la realidad en la elección de los diferentes métodos.

9.2.— PLANTEAMIENTO Y FINALIDAD DEL METODO A.T.E.

El dibujo quiere representar y resumir la filosofía del método.



Como puede verse, nuestro esquema no contempla solamente los tres elementos anteriormente mencionados: alumno, profesor, clase, sino que reconoce la indudable influencia condicionante del entorno (*)

(*) La inclusión del entorno en el modelo es absolutamente imprescindible, de una parte para "hacer eficaz la acción" (ver INTRODUCCION A LA MEMORIA), y de otra, para comprender que dicha eficacia tendrá siempre un límite mientras no se modifique la estructura del entorno. Además, el método debe ser congruente con el entorno.

y la necesidad de disponer de unos objetivos orientadores dentro del mismo (ver *Dinámica y Estructura de la Memoria* en la **Introducción a la Memoria** y *Propósitos* del capítulo **Concepto**). Podría decirse que el método ordena las relaciones y actuación de los componentes del sistema profesor-clase (*) hacia la mayor eficacia del conjunto.

Todo método de enseñanza tiene su origen y razón de ser en un determinado contexto que, simplificado, suponemos constituido por tres factores: el **sistema profesor-clase**, el **entorno** (**) donde éste desarrolla su actividad y los **objetivos** que se espera que el sistema alcance en dicha actividad. Los tres factores se encuentran unidos por una relación, indeterminada pero real, de manera que, considerando constantes (en un momento dado, en un curso académico, por ejemplo) el entorno y la constitución material del sistema, éste puede alcanzar unos objetivos (***) u otros según la forma de su actividad, aquí el método didáctico empleado. En otras palabras, el método influye críticamente en los resultados (***) y este método, que forma parte del sistema, debe ser función de éste y del entorno y, para ser consecuentes con la cibernética, también de los resultados obtenidos en una fase anterior de funcionamiento. } *Feed Back*

9.3.— CARACTERISTICAS RELEVANTES DE NUESTRO SISTEMA PROFESOR CLASE, DE SU ENTORNO DOCENTE Y ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE LOS METODOS TRADICIONALES

El esquema de base que acabamos de presentar, unido a la siguiente serie de consideraciones, permitirán apreciar mejor la justi-

(*) Dejamos fuera la materia objeto de la enseñanza, elemento casi siempre circunstancial, relacionable, en definitiva, con los modos de aplicación de los métodos.

(**) Incluye aquellos aspectos didácticos, sociales, económicos... que marcan su influencia sobre el sistema y sobre los objetivos.

(***) Entendemos por objetivos lo que se pretende obtener y por resultados lo que realmente se obtiene.

ficación y oportunidad de métodos más potentes que los tradicionales.

9.3.1. *El sistema*

Es la clase de todos los alumnos de quinto y último curso de la carrera de Ingeniería Superior de Telecomunicación en Madrid, correspondiente al plan de estudios de 1964, en la asignatura de Ordenadores, asignatura común a las dos especialidades en que se divide la carrera, una asignatura de entre siete para cada especialidad, impartida a dos grupos de 60 a 100 alumnos/grupo.

9.3.2. *El entorno*

En el capítulo **Concepto** (apartado 5) se han estudiado diversas fuerzas, varias de ellas aparentemente muy ajenas al ámbito docente e incontrolables desde éste, pero ante las cuales el sistema es preeminentemente sensible.

En el aspecto docente, hay que resaltar el marco de funcionamiento, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación donde, como en cualquiera otra de la Universidad Politécnica de Madrid, los estudios son sin opción una vez escogida una especialidad; la enseñanza se desarrolla, casi sin excepciones, por el procedimiento magistral con pizarra; por un profesorado en su mayoría con escasa dedicación y con escasa preocupación y conocimientos de tipo didáctico, mal estimulado —por otra parte— e insatisfecho a causa de las condiciones de incomunicación frente a grupos de alumnos demasiado numerosos y porcentualmente muy desinteresados. La dotación económica es limitada y, en la forma como actualmente se distribuye, no permite hacer más ni en hombres ni en equipo material.

En el aspecto social citaremos dos facetas que consideramos muy condicionantes, una con carácter general y otra con especial influencia

en el sistema considerado. Primero, la extracción socioeconómica del alumnado, proveniente más bien de las tradicionalmente llamadas clases media y alta y muy poco de la clase económicamente débil, lo que provoca un cierto desinterés por cuanto que la carrera no implica promoción social.

En segundo lugar, es importante, una vez más, la falta de opción, en este caso relacionada con la obtención de empleo, lo que implica una situación muy extendida de subempleo y desmotivación laboral de los ingenieros, lo que a su vez condiciona una psicosis y dedicación del alumno de 5º curso a la busca prematura de una vía de colocación que, a menudo, se traduce por una situación de preempleo (beca o similar) desarrollada en paralelo, es decir, en simultaneidad con los propios estudios. Es corriente que el alumno, en este curso y en el anterior, donde ya toma algún contacto con la industria haga comparaciones improcedentes, pero reales, entre el contenido de las materias enseñadas y el contenido técnico de los trabajos a que puede aspirar (*). Esto le lleva a un distanciamiento afectivo en relación con algunas asignaturas, cuando no a una puesta en duda de su validez o de su necesidad, a menudo perplejidad ante su dureza y exigencia, "inexplicables" en su opinión. Cantidad de alumnos buscan seguir cursos y cursillos en el exterior de la Escuela, que puedan considerar más "prácticos". Las consecuencias son claras: una buena mayoría de los alumnos de 5º curso llegan a tener el siguiente interés prioritario: aprobar, terminar, coger su título y colocarse lo antes posible, y, además, por estar inmersos en una sociedad de consumo, sus valores vocacionales van cediendo terreno frente a criterios crematísticos que apoyarán una tendencia hacia los puestos mejor remunerados.

(*) En el fondo, y de una manera ciertamente intuitiva, realizan un proceso de encuesta parecido al que hemos desarrollado nosotros para el campo de la informática (ver apartado 5.3.). Así, establecen, subjetivamente pero con consenso casi comunitario, que los objetivos de muchas de las enseñanzas recibidas se desvían de los que pudieran ser convenientes dentro del entorno circundante. Creemos que este mecanismo que acabamos de describir ayuda a conformar las opiniones de los alumnos universitarios, algunas de las cuales hemos recogido en 5.3.4. (*) del informe Foessa (Foessa, 1970). Viene a cuento recordar aquí que ellos opinan que la Universidad no forma buenos profesionales, limitándose más que nada a su misión de expender títulos.

9.3.3. Observación y crítica de los métodos tradicionales

Los resultados que hemos podido observar en nuestra experiencia o en las de los demás quedan muy lejos de los objetivos previstos, a poco que uno se tome la molestia de medir honestamente aquellos. Es natural, ya que el profesor actúa sólo como medio de transmisión, por desgracia bastante ineficaz (Sáez, 1969 (2)). **El proceso de enseñanza queda separado del de aprendizaje, por lo que la actividad total del sistema es un proceso "off line".**

Si pudiera tomarse una fotografía de la actividad se descubriría que *ninguno de los elementos componentes del sistema está cumpliendo su función*: el profesor no está enseñando o está enseñando poco y los alumnos aprenden insuficientemente en relación con su potencial. Posiblemente la comunicación profesor-alumnos se está desarrollando al nivel mínimo, y, según la tesis de Passeron, de común y tácito acuerdo. Podría añadirse que, incluso, inconscientemente.

Quizá el profesor siente que no hace lo que tiene que hacer o no como debiera hacerlo. Quizá encuentre que sus lecciones pasan difícilmente, que se produce frecuentemente a sí mismo repitiendo conceptos que ya explicó y que los alumnos no han asimilado; quizá llega a no saber a qué nivel y de qué forma preparar y dar sus lecciones, porque algunos alumnos parecen no comprender nada, a otros no parece interesarles demasiado y se aburren de manera más o menos ostensible, a otros les parece bajo el nivel de explicación. Quizá, si tiene experiencia y se fija, también llegará a anotar que existen conceptos en los que por mucho que modifique su forma de exponerlos, siempre son mal asimilados por los alumnos.

Otro hecho que puede observar, a veces, el profesor es, quizá, que, dada la índole de la asignatura, no puede demostrar la medida de su dominio y experiencia en la materia y, por el contrario, ha de restringirse a un nivel de detalle que, por haber superado hace tiempo, le resulta molesto de recordar y sobre todo de manejar con soltura.

Por supuesto, los exámenes son prácticamente ineficaces como aparato de medida de resultados, por razones viejas y conocidas de

todos, entre otras porque se basan en la hipótesis de que los resultados igualarán a los objetivos marcados. Cosa que nunca ocurre.

9.4.— ESTRUCTURA DEL METODO A.T.E.

Las siglas A.T.E. significan *Aprendizaje, Test, Enseñanza*, porque el método comporta estas tres fases sucesivas, que resumimos en un cuadro.

| FASES | PROTAGONISTA | INSTRUMENTOS | RAZONAMIENTO |
|---|--|--|--|
| <p>1. APRENDIZAJE</p> <ul style="list-style-type: none"> • motivación • secuencia efectiva • validación | <p>PROFESOR</p> <p>ALUMNO</p> <p>ALUMNO</p> | <p>Objetivos, explicaciones agradables, mapas, cuadros sinópticos. Retroproyector y pantalla.</p> <p>Libros de texto, TV, conferencias. Profesores ayudantes.</p> <p>Ejercicios, cuestionarios, prácticas. Profesores ayudantes.</p> | <p><i>El método se basa en la idea teórica, y práctica, de que el aprendizaje, entendido no sólo como recepción, sino como adquisición de información (léase conocimientos), se consigue siempre por aproximaciones sucesivas. Todas las personas tienen la experiencia de cómo un concepto se ha visto un día bajo una luz diferente, después de haberlo estudiado y aplicado en varias ocasiones, bajo distintas condiciones operativas. En resumen, el aprendizaje es trabajo propio del aprendiz, o sea, del alumno, y el profesor lo único que puede hacer es guiarle en sus aproximaciones. La explicación del profesor tiende como máximo a facilitar el primer encuentro (nos referimos a los métodos tradicionales) o aproximación al concepto.</i></p> <p><i>La tarea de aprendizaje debe constar de tres componentes: a) motivación, b) secuencia efectiva de la información, c) validación por repetición bajo distintas condiciones (Sáez, 1972 (1), Sáez, 1972 (2)).</i></p> <p><i>La motivación es importantísima porque un alumno interesado se aproxima a los conceptos y uno desinteresado se aleja.</i></p> <p><i>La secuencia efectiva de la información se refiere a un desarrollo, a una transmisión ordenada y eficaz de los conceptos, según normas psicológicas. Lo que ocurre es que, en el límite, cada alumno necesita una secuencia diferente. Ni la autoinstrucción programada ni cualquiera otra organización han resuelto este problema, pues las variaciones psicológicas e intelectuales son muy grandes.</i></p> <p><i>La validación consiste en el ejercicio de los conceptos según diferentes condiciones operativas, en busca de un grado de asimilación coherente con los objetivos formulados.</i></p> |
| <p>2. TEST</p> | <p>la medida</p> | <p>Pruebas</p> | <p><i>Antes de llegar a la fase típica y exclusiva del profesor responsable de la asignatura, es necesario proceder a una medición para resaltar el grado cualitativo y cuantitativo de comprensión (siempre en función de los objetivos). Esta es la fase de Test que debe obligatoriamente desarrollarse al mismo nivel de la validación.</i></p> |
| <p>3. ENSEÑANZA</p> | <p>PROFESOR</p> | <p>Resúmenes escritos, mapas y sinópticos. Retroproyector y pantalla.</p> | <p><i>Analizados los productos del test (puede hacerse por muestreo) el profesor posee datos para preparar adecuadamente, es decir, "on line", la fase de enseñanza, en que ejercita la auténtica labor docente, propia de su nivel y categoría, produciendo, ante un grupo ya preparado y motivado, un acercamiento más general y profundo a los conceptos, una corrección de los errores; una síntesis, una conexión adecuada con otras materias anejas y una extrapolación y motivación profesionales hacia aplicaciones no académicas, sino reales. Esta fase es propia y específica del profesor responsable y ninguna otra persona puede ocupar su lugar. Así, el profesor no solo actúa como eficaz medio de transmisión a receptores sintonizados en su mayoría en la misma onda, sino que ejerce su verdadera labor de orientación y educación (que, etimológicamente, significa llevar de un estado a otro diferente).</i></p> |

9.5.— APLICACION DEL METODO A.T.E.

Las modalidades de aplicación del método A.T.E. pueden ser muy diversas y deben integrarse con un programa de la materia, con los recursos humanos y materiales (textos, profesores, laboratorios, medios audiovisuales, etc.) de que se disponga y con otros métodos para constituir un plan de acción.

Vamos a describir las líneas generales de la forma como nosotros hemos aplicado el método A.T.E. durante el curso académico 1971-72.

La primera fase, la **motivación**, consiste en una breve charla en que se presentan muy rápidamente, pero resaltando su trascendencia posterior, los conceptos del tema que se inicia. Las próximas clases van a consistir en responder a consultas sobre, y sólo sobre, los ejercicios o cuestionarios, graduados en dificultad y estrictamente basados en el tema presente, que proponemos a los alumnos para su resolución. Aquí se mezclan las fases de *secuencia* y *validación*, precisamente para interactuarse mutuamente.

El alumno, en su casa, intenta o no intenta resolver los ejercicios planteados y viene o no viene con consultas concretas a clase. Por supuesto, estas clases no son obligatorias, pero si el alumno asiste expone dudas o escucha las de los demás, en un ambiente no magistral, sino operativo, y se crea un clima motivante, adecuado en su estructura a todas las mentalidades. Se produce un fenómeno positivo de dinámica de grupos y cada alumno tiene ocasión de contemplar el mismo concepto bajo muy diversos ángulos. En sucesivas clases de consulta, siempre dirigidas por profesores ayudantes jóvenes, que conocen y practican el detalle operativo de los conceptos, aparecen en escena los conceptos más complejos que, en consecuencia, son discutidos más frecuentemente. El profesor ayudante aprovecha ocasionalmente para exponer retazos importantes de la teoría, con lo que se refuerza el estudio (*) que el propio alumno, al tratar de resolver los ejercicios o

(*) *La mayor parte de la secuencia efectiva debe estar soportada por textos escritos y es aquí donde el método encuentra una importante limitación, debido a la rápida evolución de la materia, a que la bibliografía se produce en lenguas extranjeras y a que los alumnos no leen con la necesaria soltura y rapidez estas lenguas. Este es un ejemplo de cómo un método, posible en un entorno, puede no serlo*

de responder a los cuestionarios, ha realizado. Incluso en el caso de alumnos que no hacen el esfuerzo personal de resolver los ejercicios, robándose a sí mismos lo más profundo del aprendizaje, el resultado final con este método es mejor que por el tradicional.

La segunda fase, **fase de test**, se produce por un ejercicio, de carácter obligatorio y puntuable (sólo a efectos de mejora de nota), exactamente del mismo nivel de los de validación y sin solución de continuidad con la fase de aprendizaje. Se permite toda clase de textos para consulta del alumno. Solamente se corrige una muestra cuantitativamente significativa y el resto se archiva para ser considerado posteriormente.

Examinado el test, el profesor prepara la tercera fase, de **enseñanza**, que se da de 4 a 6 días más tarde.

Estas clases son de síntesis, deben recoger todos o los principales conceptos del tema recién terminado, apoyando especialmente aquellos, que el test ha detectado más erróneamente asimilados, y debe relacionarlos, bien mediante la presentación de un ejercicio resuelto, bien mediante una exposición adecuada. **El profesor ha de utilizar un soporte**

en otro (ver 9.2. (*)). Para salvar esta dificultad hemos traducido y utilizamos como *texto básico* un libro que se corresponde muy bien (alrededor de un 60%) con los objetivos, contenido y perspectivas de desarrollo de esta asignatura, al menos a corto plazo (Meinadier, 1973). A manera de *elementos documentales complementarios* venimos utilizando textos multicopiados editados por la propia Cátedra, de los que podemos citar, a título de ejemplo, los siguientes: (Sáez, 1973 (2)), (Costilla; Cuadrado, 1973), (Fernández, 1973 (2)), (Blasco, 1973). Tales textos se integran en un conjunto de papeles con el que pretendemos recoger sistemáticamente una buena parte de la labor docente e investigadora de la Cátedra, excluyendo libros, tesis y proyectos de fin de carrera; se distinguen por un código cuyos campos significan: CO = Cátedra de Ordenadores; XX = dos últimos dígitos del año de publicación; XXX = número de orden absoluto; XX = número de la edición. Sirva como ejemplo el ya citado trabajo de Fernández (Fernández, 1973 (2)) con referencia según el código anterior igual a CO. 73.005.01.

visual diferente de la pizarra (*) (debido a la densidad de su exposición) y entregar, además, su información escrita, al menos en forma multicopiada. No debe escatimar tiempo para la preparación de esta lección.

Esta manera de aplicar el método, al limitar y concretar el número de ejercicios por tema, con objeto de no dispersar las consultas, obliga a establecer unas horas de consulta fuera de las marcadas por el horario escolar, para que los alumnos puedan plantear dudas que no han surgido durante las clases o que, en su caso particular, han sido insuficientemente resueltas. Asimismo, el profesor responsable también puede establecer un horario en el cual atender y orientar a sus discípulos más avanzados o mantener un seminario para los más interesados.

Terminadas las partes que constituyen el todo, en nuestro caso un cuatrimestre, hay que recurrir, desgraciadamente, al examen. Pero el examen es, ahora, un ejercicio completo del nivel de los anteriores (nivel ya conocido por los alumnos) —y realizado en las mismas condiciones— que se han habituado mientras tanto a él y no experimentarán grandes sorpresas. Además saben que, en situación de apuro, existen unos ejercicios archivados que pueden demostrar su aprovechamiento.

La primera vez que se aplicó el método A.T.E., durante el curso académico 1971-72 en la E.T.S.I.T., pudimos medir un *aumento del nivel de aprendizaje de aproximadamente un 70% relativo al curso 1970-71.*

(*) Es muy recomendable utilizar retroproyector y pantalla. El retroproyector es instrumento muy flexible, barato, portátil, no exige el oscurecimiento del aula, permite dar la cara a los alumnos y el material que soporta la información, hojas de acetato, es fácilmente inscriptible mediante rotuladores a prueba de agua, con máquina de escribir o por otros procedimientos diversos más o menos elaborados. La información a proyectar se prepara con la mayor facilidad, en el propio despacho, de un día para otro y es absoluta y recomendablemente combinable con el uso de la pizarra. Nosotros lo empleamos desde hace tiempo y lo preconizamos como imprescindible con vistas a hacer medianamente eficaz el proceso de transmisión de la información. **Las lecciones de nuestro programa, de contenido muy denso, están pensadas absolutamente en función de la disponibilidad de dos elementos imprescindibles, el retroproyector para las exposiciones y el texto con la secuencia efectiva.** Por consiguiente, en nuestro caso el retroproyector, más que recomendable, es necesario.

X.— COMPLEMENTOS

10.—COMPLEMENTOS

El plan de acción en la enseñanza de una asignatura incluye algo más que el programa teórico y el método correspondiente, incluye una serie de actividades, difíciles de precisar, porque varían de curso a curso, que llamaremos *complementos* por llamarlas de alguna manera, puesto que tienden a complementar a la acción principal en el logro de los objetivos (ver apartado 1.5.5.). El conjunto queda así:

| Objetivos | Característica | Método | Dirigido a |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|---|
| Objetivos I.S.T.(*) | Complementos deseables | Según caso | Alumnos interesados |
| OBJE- TIVOS | Complementos obligados | Clases y trabajos prácticos | Todos los alumnos, en pequeños y/o grandes grupos |
| ASIGNA- TURA (**) | Programa | A.T.E. | Todos los alumnos en grandes grupos; consultas individuales |

(*) Ver proposición 5.4.2.

(**) Ver proposición 5.5.2.

Los complementos obligados persiguen reforzar el aprendizaje de las partes más básicas del programa o aquellas que, por su índole operacional (programación en lenguaje de máquina, diseño de una ruta de órdenes y de datos) y/o por su complejidad, exijan ser practicadas a un nivel más reducido. Hasta el momento tenemos en uso un *Simulador de SAMOS* (ver 6.5.2.), un *ensamblador titulado ENSAM (*)* (Blasco, 1973), el *diseño completo de un ordenador de 16 instrucciones* (ver 6.5.2.) y aspiramos a poder realizar pronto trabajos prácticos físicos con algunos de los elementos contruidos de este ordenador.

Es bien sabido que una Cátedra debe promover actividades más allá de la estricta actual naturaleza de la asignatura, complementos deseables que, a nuestro entender, conviene ajustar a una decidida orientación. ¿Cuál mejor para nosotros que los objetivos formulados para la formación en Informática de los Ingenieros Superiores de Telecomunicación? (Ver apartado 5.4.2.). Las actividades por nosotros promovidas hasta ahora (o en las que hemos participado) dentro de este terreno han dependido muy críticamente de los recursos (sobre todo del recurso tiempo) y entre ellas cabe destacar un seminario de arquitectura de ordenadores (curso 1971-72), un cursillo de cálculo analógico e híbrido (curso 1972-73) (Fernández, 1973), un cursillo de Fortran IV (curso 1972-73) y el diseño de un ordenador micro-

(*) Es un programa simulador preparado para ser explotado por el procedimiento de batch remoto desde un terminal de la Universidad Politécnica de Madrid, en conexión con el ordenador 1108 del Ministerio de Educación y Ciencia (ver apartado 6.5.2.). Este programa simula un ordenador —cuyas características exponemos a continuación— dotado de un lenguaje que es ensamblado y procesado por Ensam.

Características del ordenador simulado:

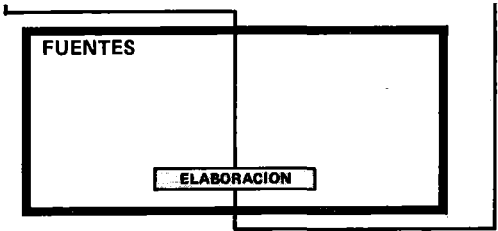
- Capacidad de memoria central: 8 K palabras de 36 bits (ampliable a 16 K).
- Procesador central: 1 registro acumulador de 36 bits; 3 registros-índice de 14 bits.
- Coma flotante por hardware.
- Números negativos expresados en complemento a uno.
- 1 Unidad de entrada por fichas perforadas.
- 1 Unidad de salida por impresora.
- Repertorio de 32 instrucciones de máquina.

Con todo, *el mejor complemento y el mejor estímulo para profesores y alumnos es contar con un ordenador real y acceso fácil al mismo y a su documentación.*

programado (Memoria Resumen ETSIT, 1973) (1970-1973). En el futuro deberían desarrollarse, a través de los mecanismos de que dispone una cátedra —investigación, seminarios, cursillos, conferencias, publicaciones, tesis doctorales, proyectos de fin de carrera, becas, etc.— temas de entre los siguientes: aspectos económicos y sociales de la informática, aplicaciones de gestión, análisis de sistemas, sistemas operativos, evaluación y selección de ordenadores, análisis y diseño en teleinformática,...

La selección de los temas, todos dentro del alcance de los objetivos propuestos, ha de ir pareja a la línea de investigación de la propia Cátedra para que sea ésta quien con autoridad los desarrolle, o bien actúe como indiscutible coordinadora de otros especialistas.

Fuentes



XI.— INTRODUCCION

11.—INTRODUCCION

Para confeccionar materialmente esta Memoria hemos utilizado un cierto número de elementos bibliográficos —libros, tesis, artículos, informes, manuales, ponencias, etc.,— que constituyen sólo una porción de los que implícitamente soportan el contenido de la misma. *Todos aquellos tienen su referencia adecuada dentro del texto de ésta y figuran sin excepción en el apartado Fuentes Bibliográficas para la Memoria*, por orden alfabético según el primer apellido del autor y los del mismo autor, por orden cronológico.

Naturalmente, todos los elementos citados no tienen ni el mismo interés ni la misma significación, que se derivan de una semántica cuya clave es la propia Memoria, aunque podrían encuadrarse quizá en tres categorías, cada una actuando de filtro en el proceso generador de la siguiente.

11.1. La primera de ellas agruparía *las fuentes que*, de una manera o de otra, *documentan o justifican la orientación del plan de enseñanza de esta asignatura*. Anudadas con las propias reflexiones del autor han permitido fundamentalmente sostener el razonamiento hasta formular unos objetivos directores de la asignatura, dejando, al tiempo, trazas suficientes para futuras reconsideraciones.

11.2. Los objetivos formulados sirven, a su vez, de criterios de selección del contenido de la asignatura y; consecuentemente, de las bases bibliográficas pertinentes, que conforman una segunda categoría documental. Los elementos que compondrían esta segunda categoría, *fuentes de estudio y consulta para el programa de la asignatura*, son fácilmente localizables porque figuran, sin excepción, en el apartado 6 del capítulo de **Concepto** bajo el epígrafe común "**Fuentes de Referencia**" y siempre en correlación con los temas del programa propuesto para esta Cátedra.

11.3. Sin embargo, las fuentes correspondientes, por así decirlo, a la clase mencionada en 11.2., bien por haber sido sólo brevemente comentadas, bien por tener un carácter demasiado específico, bien por lo elevado de su número, no podrían aportar una ayuda eficaz a un alumno o a un ingeniero neófito. Por tal razón, hemos procedido a una selección de selecciones, aislando en la clase anterior y comentando ampliamente un subconjunto de libros, bajo el título de **Biblioteca Básica 1973-74**. *Esta constituye, a nuestro juicio una reserva concentrada donde buscar los elementos documentales con qué reforzar, proseguir o ampliar la línea iniciada por nuestros objetivos en la asignatura de Ordenadores Electrónicos.*

XII.— FUENTES BIBLIOGRAFICAS PARA LA MEMORIA

12.— FUENTES BIBLIOGRAFICAS PARA LA MEMORIA

1. ADP Newsletter

Computer memories: core begins to soften
Automatic Data Processing, Vol. XV. n^o 3, Feb. 1971.

2. Alabau, A.

Contribution à la conception d'organes numériques de traitement de l'information. Projet A.S.M.O.D.E.E. Tesis de Doctor Ingeniero. Universidad de Toulouse, Dic. 1972.

3. Alabau, A.

Contribución al estudio de las estructuras modulares en los sistemas lógicos.

Tesis de Doctor Ingeniero de Telecomunicación, bajo la dirección del autor de esta Memoria, E.T.S.I. Telecomunicación de Madrid. 1973.

4. Amdahl, G y L.

Fourth Generation Hardware
Datamation, 1967.

5. Armand, R.; Lattès, R.; Lesourne, J.

Matière grise: année zero
Denöel, 1970.

6. Arvey, R.D.; Hoyle, J.C.

Evaluating Computing Personnel
Datamation, Jul. 1973.

7. **Automatisme, Tomo XI**
Números especiales titulados "Gestion 1" nº 2, "Gestion 2" nº 6,
"Utilisation industrielle des calculateurs electroniques" nº 9,
"Gestion 3" nº 10.
Dunod, 1966.
8. **Ballé, C.; Peaucelle, J.L.**
Le pouvoir informatique dans l'entreprise
Les Editions d'Organisation, 1972.
9. **Barbacci, M.; Bell, C.G. y Newell, A.**
ISP: A language to describe instruction sets and other register
transfer systems.
1972: Innovative architecture en Sixth Annual IEEE Computer
Society International Conference, Sept. 1972.
10. **Bartee, T.C.**
Digital Computer Fundamentals
McGraw-Hill, International Student Edition, 2ª ed., 1966.
11. **Bauvin, G.**
Domaines d'application des ordinateurs
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'Informatique.
Ficha H380, 1970.
12. **Bell, G.; Newell, A.**
Computer Structures: Readings and Examples
McGraw-Hill, 1971.
13. **Bell, G.C.; Chen, R.; Rege, S.**
Effect of technology on near term computer structures
Computer, Mar.-Abril, 1972.
14. **Blasco Pavía, F.**
Ensamblador Ensam
Cátedra de Ordenadores E.T.S.I.T. Ref. CO.73.007.01.

15. **Boehm, B.W.**
Software and its impact: a quantitative assessment.
Datamation, Mayo 1973.
16. **Boucher, H.**
Divers types d'ordinateurs
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'Informatique
Ficha H300, 1971.
17. **Boulaye, G.**
La Microprogrammation
Dunod Université, 1971.
18. **Buchholz, W. editor.**
Planning a computer system
McGraw-Hill, 1962.
19. **Carrel, A.**
La incógnita del hombre
Editorial Iberia, 1953.
20. **Clark, J.O.E.**
Computers at work
The Hamlyn Publishing Group Ltd. 1969
En español: Computadoras en acción
Ed. Bruguera, 1970. (La traducción española debe ser absolutamente evitada).
21. **Congreso Hispano Luso de Informática (Actas)**
Conclusiones
Citema, 1971.
22. **COSINE Committee (1)**
An undergraduate Computer Engineering option for Electrical Engineering
Proceedings of the IEEE on Engineering Education, Jun. 1971.

23. **COSINE Committee (2)**
An Undergraduate Course on operating systems principles
Computer, En.-Feb. 1972.
24. **Couffignal, L.**
La Cibernética
A. Redondo, editor, 1969.
25. **Cuadrado, M.L.; Costilla, M.C.**
Clases prácticas: diseño del ordenador EIT-1
Cátedra de Ordenadores, E.T.S.I.T., Marzo 1973. Ref. 73.004.01.
26. **Chambolle, R.; Avilés, F.**
Technologie des circuits élémentaires
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'informatique.
Ficha H800, 1970.
27. **Chu, Y.**
Digital Computer design fundamentals
McGraw-Hill, 1962.
28. **Davies, P.M.**
Readings in microprogramming
IBM Systems Journal, N° 1, 1972
29. **Davis, R.L.**
The Illiac IV Processing Element
IEEE Transactions on Computer, Vol. C-18 N° 9, 1969.
30. **Davous, P.**
Historique des Ordinateurs
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'Informatique.
Ficha H280, 1970/71.
31. **Digital logic handbook**
Digital Equipment Co., 1971.

32. **Dréan, G.**
Historique des systèmes d'exploitation.
Techniques de l'Ingénieur; Traité Pratique d'Informatique.
Ficha H3080, 1970.
33. **Dreyfus, Ph.**
L'Informatique
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'Informatique.
Ficha H220, 1970.
34. **Dupuy, R.**
L'Informatique et les systèmes
Dunod, 1972.
35. **Eadie, D.**
Modern data processors and systems
Prentice-Hall, 1971.
36. **Editorial**
Informatique et Gestion, Jul. 1972.
37. **Elbing, A.O.**
The danger of applying a "technical" mind to human decisions.
European Business, primavera 1973.
38. **Elgozy, G.**
Automation et Humanisme
Calmann-Lévy, 1968.
39. **Elgozy, G.**
Origines de l'Informatique
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'Informatique.
Ficha H260, 1970.
40. **Elgozy, G.**
Le Desordinateur; le peril informatique.
Calmann-Lévy, 1972.

41. **E.T.S.I.T.**
Programas de las asignaturas, Plan 1964.
Departamento de Publicaciones, 1972.
42. **Faure, E. et al.**
Aprender a ser; la educación del futuro
Alianza Universidad Unesco, 1973.
43. **Fernández Fernández, G.**
Cursillo de Cálculo Analógico e Híbrido. Programa
Cátedra de Ordenadores E.T.S.I.T. Ref. CO. 73.003.01.
44. **Fernández Fernández, G.**
Estudio funcional de la tecnología de circuitos lógicos integrados.
Cátedra de Ordenadores E.T.S.I.T., Jul. 1973. Ref. CO.73.005.01.
45. **Feth, G.C.**
Memory organization and hierarchies of storage whorkshop
Computer Group News, En. 1969.
46. **Flores, I.**
Computer Design
Prentice Hall, 1967.
47. **Flores, I.**
Computer Sogtware
Science and Technology, Mayo 1969.
48. **Flores, I.**
Data structure and management
Prentice-Hall, 1970.
49. **Flynn, M.J.; Rosin, R.F.**
Microprogramming: an introduction and a viewpoint
IEEE Transactions On Computers, Vol. C-20, Nº 7, Jul. 1971.

50. **Forsyte; Keenan; Organick; Stenberg** (no son autores de toda la colección).
COMPUTER SCIENCE: A first course
COMPUTER SCIENCE: A primer
COMPUTER SCIENCE: Fortran Language Programming
COMPUTER SCIENCE: The PL/I Language
COMPUTER SCIENCE: The APL Language
John Wiley, 1969 y 1970.
51. **Foster, C.**
Computer Architecture
Van Nostrand Reinhold, 1970
52. **Foy, N.**
Computer gloom
European Business, primavera 1973.
53. **Fuchs, W.**
El libro de los cerebros electrónicos. Introducción a la Cibernética.
Ediciones Omega, 1969.
54. **Fundación Foessa**
Informe sociológico sobre la situación social de España
Euramérica, 1970.
55. **Garret, L.S.**
Integrated-circuit digital logic families
IEEE Spectrum, vol. 7, nº 10 (Oct. 1970), nº 11 (Nov. 1970),
nº 12 (Dic. 1970).
56. **Gaschi, J.**
Caractéristiques des composants élémentaires
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'informatique.
Ficha H760, 1970.
57. **Grunberg, G.**
Technologie et organisation des mémoires
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'informatique.
Ficha H1300, 1970/72.

58. **Gschwind, H.W.**
Design of digital computers
Springer Verlag, 3^a ed., 1969.
59. **Gunderson, D.C.**
Some effects of advances in memory system technology on
computer organization.
Computer, IEEE Computer Group, Nov-Dic. 1970.
60. **Harding, Ph.; Bravo, R.; Lucero, A.**
Memories: types of memory
The Electronic Engineer, Mar. 1971.
61. **Harman, A.J.**
The International Computer Industry. Innovation and comparative
advantage.
Harvard University Press, 1971.
62. **Herz, J.C.**
Codage des informations
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'informatique.
Ficha H1100, 1970.
63. **Hill, F.J.; Peterson, G.R.**
Digital Systems: Hardware organization and design
Jhon Wiley, 1973.
64. **Honeywell Bull**
L'Informatique en Europe
Honeywell Bull, 1973.
65. **Honeywell Bull; Warnier, J.D.; Flanagan, B.M.**
Programación lógica. Tomos 1 y 2.
Editores Técnicos Asociados, 1973.
66. **House, D.L.; Henzel, R.A.**
Semiconductor memories and minocomputers
Computer, IEEE Computer Group, Mar.-Abril, 1971.

67. **Husson, S.S.**
Microprogramming: principles and practices.
Prentice-Hall, 1970.
68. **Katzan, H. Jr.**
Computer organization and the system/370.
Van Nostrand Reinhold, 1971.
69. **Koehler, H.F.**
An impartial look at semiconductors.
Datamation, Jul. 1971.
70. **Koestler, A.**
Les racines du hasard
Calmann-Lévy, 1972.
71. **Kurtz, J.F.; Cuozzo, D.E.**
How to get real benefits from virtual storage
Datamation, Feb. 1973.
72. **Lehman, M.**
A survey of problems and preliminary results concerning parallel
processings and parallel processors.
Proceedings IEEE, Vol. 54, nº 12, 1966 (Publicado en (Bell;
Newell, 1971)).
73. **Lilen, H.**
Principes et applications des CI/MOS
Editions Radio, 1972.
74. **Liptay, J.S.**
Structural aspects of the System/360 model 85: The cache
IBM Systems Journal, vol. 7, nº 1, 1968.
75. **Lorin, H.**
Parallelism in hardware and software: real and apparent con-
currency.
Prentice-Hall, 1972.

76. **Mallach, E.G.**
Emulation: a survey
Honeywell Computer Journal, 1972.
77. **Manson, N. editor**
Traité pratique d'Informatique
Techniques de l'Ingénieur, desde 1970.
78. **Margulici, L.**
Etat actuel et perspectives de développement des ordinateurs
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'Informatique.
Ficha H420, 1970.
79. **Marina, J.; Albaladejo, A.**
Seminario de Sistemas Operativos
Honeywell Bull, 1974.
80. **Martin, J.**
Telecommunications and the Computer
Prentice Hall, 1969.
81. **Mainadier, J.P.**
Estructura y Funcionamiento de los Computadores Digitales.
Editorial AC, 1973.
Original francés: Structure et fonctionnement des ordinateurs.
Larousse, 1971.
Traducción y adaptación castellana por el autor de esta Memoria.
82. **Memoria resumen a la Comisión Asesora de Investigación Científica.**
Desarrollo de sistemas de cálculo y control mediante técnicas discretas.
E.T.S.I. Telecomunicación de Madrid, Jul. 1973.
Ref. CO.73.006.01.
83. **Mercier, J.M.**
Miniaturisation des composants
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'informatique.
Ficha H840, 1970/72.

84. **De Miguel, A.**
"Crisis de las profesiones liberales" en Diagnóstico de la Universidad, pág. 119.
Ed. Guadarrama, 1973.
85. **De Miguel, A.**
Ingenieros a go-go
Blanco y Negro, 1 Sept. 1973.
86. **Moch, R.**
L'homme informatifié
Robert Laffont, 1971.
87. **Moore, G.E.**
Semiconductors RAMS, a status report
Computer, IEEE Computer Group, Mar.-Abril, 1971.
88. **Mumford, E.**
Making computers in industry human
New Society, 1970.
89. **Mumford, E.; Mercer, D.; Mills, S.; Weir, M.**
The human problems of computer introduction
Management Decisión, Vol. 10, 1972.
90. **Newey, J.**
Gestion des travaux
Techniques de l'Ingénieur; Traité pratique d'informatique.
Ficha H3160, 1970.
91. **Norman R.H.**
Staying ahead of the game
en (Riley, 1971): Electronic Computer Memory Technology
McGraw-Hill, 1971.
92. **Opler, A.**
Fourth Generation Software
Datamation, 1967.

93. **Organick, E.I.**
The Multics System
The M.I.T. Press, 1972.
94. **Parmelee, R.P. et al.**
Virtual storage and virtual machine concepts
IBM Systems Journal, N° 2, 1972.
95. **Patton, P.C.**
Trends in data organization and access methods
Computer, IEEE Computer Group, 1970.
96. **Pérez de Acha, J.M.**
Documentado estudio sobre el parque informático español
Informática, N° 54, Julio 1973.
97. **Peticlerc, A.**
Traité des ordinateurs, tomos 1 y 2.
Dunod, 1970.
98. **Petschauer, R.J.**
Trends in memory element and subsystem design in the 1970's
Computer, IEEE Computer Group, 1970.
99. **Ponte, M.; Braillard, P.**
La informática
Ed. Mtnez. Roca, 1971.
100. **Rajchman, J.A.**
The evolution of the hierarchy of storage and memory devices,
y especialmente:
Guide to main frame memories
The Electronic Engineer Magazine, 1970.
101. **Rakoczi, L.**
The computer-within-a-computer. A fourth generation concept.
Computer Group News, 1969.

102. **Renard, B.**
Les différentes formes d'exploitation des systèmes
Informatique Actualités, nº 4, 1968.
103. **Rodríguez Solano, J.**
Panorámica general sobre problemas de personal y evolución del
parque informático en España.
Actas del 1^{er}. Congreso Hispano-Luso de Informática, Nov. 1971.
104. **Riley, W.B.**
Electronic computer memory technology
McGraw-Hill, 1971.
105. **Sáez Vacas, F.**
Calculadores Analógicos. Métodos de Programación.
E.T.S.I.T. 1969, 70, 71, 72
106. **Sáez Vacas, F.**
Análisis de la relación profesor-clase con ayuda del modelo más
simple de sistema realimentado de control.
Revista de Automática, nº 4, 1969.
107. **Sáez Vacas, F.**
La teoría de la computación en la encrucijada de las teorías de
autómatas y de la información.
Revista de Telecomunicación, nº 99, 1970.
108. **Sáez Vacas, F.**
Apuntes de Ordenadores.
ETSIT; autorizados para el curso 1970-71.
109. **Sáez Vacas, F.**
Software
Curso interno Honeywell Bull, 1970.
110. **Sáez Vacas, F.**
Educación social e Informática.
Inforprim, 1971; Futuro Presente, nº 7, 1972.

111. Sáez Vacas, F.

Educación social e informática.

Comunicación presentada en el Primer Congreso Hispano-Luso de Informática, Nov. 1971.

Publicado con el título: El ordenador y el desarrollo de la educación en los países en vías de desarrollo, en Futuro Presente, nº 14; Dic. 1972. Clave, nº 62, Nov. 1972.

112. Sáez Vacas, F.

El método A.T.E. (Aprendizaje, Test, Enseñanza)

Comunicación presentada en el Seminario Internacional sobre Formación Profesional en las Telecomunicaciones.

U.I.T., Evian, Marzo 1972.

113. Sáez Vacas, F.

Guía para la selección y formación del personal en una instalación informática.

Ponencia en Inforprim, 1972.

114. Sáez Vacas, F.

Introducción de la informática en la empresa. Sensibilización de los cuadros empresariales.

Ponencia en mesa redonda de Inforprim, 1973 (copias disponibles en las oficinas de Honeywell Bull, Madrid).

115. Sáez Vacas, F.

Principios de las memorias de película magnética

Cátedra de Ordenadores, E.T.S.I.T., Feb. 1973. Ref. CO.73.002.01.

116. Saton, G.

What is Computer Science?

Journal of the Association for Computing Machinery, Vol. 19, nº 1, En. 1972.

117. Sayers, A.P. Editor

Operating Systems Survey

Auerbach Publishers, 1971.

118. **Schumacher, D.**
First annual SIGME Symposium
Datamation, Mayo 1973.
119. **Secretaría General Técnica de la Presidencia del Gobierno**
La Informática en España
Imprenta Nacional del Boletín Oficial del Estado, 1973.
120. **Seletzky, S.**
L'Enseignement de l'Informatique aux Etats-Unis
Atomes, 1967.
121. **Shaw, C.J.**
What a non-programmer should know about programming languages
Computer Group News, 1968.
122. **Simon, H.A.**
The Sciences of the Artificial
The M.I.T. Press, 1969.
123. **Soto Fernández, D.**
Informática con redes de transmisión de datos
Actas del 1^{er}. Congreso Hispano-Luso de Informática, Nov. 1971.
124. **Stone, H.S.**
Introduction to computer organization and data structures
McGraw-Hill, 1972.
125. **Thompson, S.**
A way of thinking about memories
The Electronic Engineer, Dic. 1970.
126. **Turnbull, J.L.; Kureck, J.J.**
Smaller cores, bigger challenge
en (Riley, 1971): Electronic computer memory technology
McGraw-Hill, 1971.

127. Weinberg, G.M.

The Psychology of Computer Programming
Van Nostrand Reinhold Co., 1971.

128. Weiss, E.A.

The Computer usage fundamentals
Mc Graw-Hill, 1969.

XIII.— BIBLIOTECA BASICA 1973-74

13.— BIBLIOTECA BASICA 1973-74

- 1) Forsythe, Keenan; Organick; Stenberg. Colección COMPUTER SCIENCE. John Wiley, 1969 y 1970.
- 2) J.O.E., Clark. COMPUTER AT WORK. The Hamlyn Publishing Group Ltd., 1969.
- 3) H.W., Gschwing. DESIGN OF DIGITAL COMPUTERS. Springer Verlag, 3ª ed., 1969.
- 4) A., Petitclerc. TRAITE DES ORDINATEURS, tomos 1 y 2. Dunod, 1970.
- 5) F.J., Hill; G.R., Peterson. DIGITAL SYSTEMS: HARDWARE ORGANIZATION AND DESIGN. John Wiley, 1973.
- 6) W., Buchholz. Editor. PLANNING A COMPUTER SYSTEM. McGraw-Hill, 1962.
- 7) J.P., Meinadier. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPUTADORES DIGITALES. Editorial AC, 1973.
- 8) G. Bell; A. Newell. COMPUTER STRUCTURES: READINGS AND EXAMPLES. McGraw-Hill, 1971.
- 9) H. Lorin. PARALLELISM IN HARDWARE AND SOFTWARE: REAL AND APPARENT CONCURRENCY. Prentice-Hall, 1972.
- 10) S.S. Husson. MICROPROGRAMMING: PRINCIPLES AND PRACTICES. Prentice-Hall, 1970.
- 11) I. Flores. DATA STRUCTURE AND MANAGEMENT. Prentice-Hall, 1970.
- 12) A.P. Sayers. Editor. OPERATING SYSTEMS SURVEY. Auerbach Publishers, 1971.
- 13) N. Manson. Editor: TRAITE PRATIQUE D'INFORMATIQUE. Techniques de l'Ingénieur, desde 1970.
- 14) E. Yourdon. DESIGN OF ON—LINE COMPUTER SYSTEMS. Prentice-Hall, 1972.
- 15) R. Moch. L'HOMME INFORMATIFIE. Robert Laffont, 1971.

- 1) Conjunto de textos, básicos y didácticos por excelencia. La mejor colección que conocemos para iniciarse en la programación científica. La organización de los libros se centra primero en lo esencial, la construcción de organigramas y, después, sobre esta sólida y única base, desarrolla en paralelo —a elección del lector— diferentes lenguajes: Fortran, APL y PL1. El primer volumen parte de la descripción de un ordenador didáctico llamado SAMOS, cuyo lenguaje, muy sencillo, permite hacerse una idea bastante correcta de cómo trabajan en realidad los ordenadores.
- 2) Libro motivante, lleno de ilustraciones en color, que presenta una selección muy adecuada de aplicaciones realizables con ordenador. Se conjugan muy bien en él el texto y la imagen y su interés radica en que, de forma rápida y sintética, hace comprender el papel que desempeña el ordenador en las más diversas aplicaciones, evitando recurrir a las descripciones al uso, farragosas y detallistas, aptas sólo para iniciados. Sirve para lectura autónoma, pero también ofrece grandes posibilidades para ser desarrollado y discutido en clases o seminarios.
- 3) Este es un texto típicamente universitario, relativamente antiguo, pero aún vigente en la mayor parte de su contenido. Se emplea en varias universidades americanas y figura entre los libros recomendados por el comité Cosine (Computer Sciences in Electrical Engineering) en el año 1971. Aunque su sistema de símbolos, sobre todo para la representación de los circuitos lógicos, ha sido superado por el tiempo, no ocurre lo mismo con el contenido, del que hay que destacar los capítulos dedicados a circuitos lógicos, especialmente abundante en ejercicios, a la unidad aritmético-lógica y a las unidades y técnicas de comunicación con el exterior (este último, amplio y magistral, sin posible comparación con ningún otro texto que conozcamos).
- 4) Nos encontramos aquí con una obra muy pedagógica y muy práctica que trata los circuitos lógicos más corrientes en los ordenadores, sin entrar en profundidades pero buscando un aprendizaje a nivel operativo de la materia tratada. Termina explicitando el diseño completo de un pequeño ordenador, lo que permite al lector ver en su totalidad una ruta de órdenes y su correspon-

diente control. Basta para hacer comprender las grandes líneas del diseño de los ordenadores a aquellas personas cuya finalidad profesional coincide con los niveles ISP o PMS.

- 5) La referencia anterior puede ser útilmente complementada con ésta, que describe el nivel de diseño lógico desde una perspectiva RT. Lo más interesante de este libro es el empleo que hace de un lenguaje de descripción del hardware, el AHPL (A Hardware Programming Language), muestra de la tendencia moderna a una visión unitaria del hardware y del software.
- 6) No sólo es un buen libro sobre el diseño real de ordenadores complejos —en este caso referido a un proyecto concreto, el proyecto Stretch— sino que es posible que sea el único libro que toca con tal amplitud este tema. Constituye referencia insustituible para todo aquel que se dedique al diseño de ordenadores o que quiera estudiar los diferentes aspectos de la ingeniería del diseño. Es libro para profesionales, estudiantes de doctorado o simplemente alumnos muy aventajados.

La fecha de aparición del libro no debe tomarse como algo negativo, ya que en él se describen varias técnicas de anticipación, de interrupción, de multiprogramación... que, hasta hoy, no han comenzado a ser moneda corriente.

- 7) Lo calificamos como el mejor libro actual sobre la lógica, la estructura y la arquitectura de los ordenadores, al menos en relación con el espíritu que preside nuestra concepción de la asignatura de *ordenadores electrónicos* en la E.T.S.I.T. Es pedagógico, es concreto, es moderno y sigue una línea de integración de los conceptos de hardware y de software que no hemos sabido encontrar, hasta el presente, en ninguna obra norteamericana. Su absoluta actualización está servida por una presentación integrada, que va desde lo más sencillo a lo más complicado y son muchos los conceptos que aparecen por vez primera en un texto general. Ruta de órdenes, secuenciamiento, microprogramación, canales, máquinas de pilas, memoria virtual, paralelismo y multiprocesadores... son temas que, junto a los ya clásicos y elementales, dan idea de lo moderno de su contenido, apoyado además

sobre numerosísimos esquemas. A partir del capítulo 8 se aprecia un cambio de nivel, que exige complementación explicativa o bien poseer un cierto grado de experiencia. Termina con un valioso glosario de más de 500 términos, definidos y acompañados de un direccionamiento al propio texto para ampliación, y con un léxico inglés-francés-español. **Es el texto básico de la asignatura.**

- 8) Más que un libro de enseñanza lo es de consulta, y de consulta fundamental en todo lo referente a las estructuras de los ordenadores, tanto pasados como presentes, de los que se describen alrededor de 40, seleccionados en base a muy justificados criterios. A nuestro juicio, esta obra marca un hito en el tema, no sólo por la recopilación de tan extraordinaria información, sino por el contenido de sus tres primeros capítulos en donde se propone una sistematización del estudio de los ordenadores por niveles descriptivos. Los más notables son los niveles PMS, ISP y RT, utilizados como frecuente punto de referencia en esta Memoria de Cátedra, niveles que, con sus imperfecciones, establecen una orientación hacia modelos universales coherentes de descripción y de comunicación entre los especialistas y de éstos con los usuarios y estudiantes. El libro de Bell y Newell ha jugado un papel muy importante en la composición de nuestra Memoria de Cátedra pero no resulta fácil vaticinar su repercusión en el futuro, ya que la difusión de sus modelos encontrará probablemente ciertas resistencias.
- 9) Nos atrevemos a decir que en el libro de Lorin puede hallarse la información complementaria y necesaria, tras un período de experiencia práctica, a los capítulos 8, 10, 11 y 12 del de Meinadier. Estudia las técnicas de concurrencia y anticipación, agrupadas bajo el epígrafe común de *paralelismo*, en un encomiable intento de destacar simultáneamente los aspectos de hardware y de software. La presentación es más intuitiva que lógica y muy progresiva, orientada a profesionales o estudiantes avanzados, aunque de ningún modo es un libro de texto. Su calidad reside tanto en el contenido como en la forma de desarrollarlo; la originalidad de aquel, junto con el hecho de que, día a día, las estructuras paralelas van generalizándose, revisten a dicho libro aún de mayor interés.

- 10) No cabe duda de que la única técnica específica que ha sido acogida en nuestra biblioteca básica es la microprogramación, bajo el título fundamental del libro de Husson. Se justifica sobradamente porque dicha técnica juega un papel capital en la actual arquitectura de los ordenadores, planteando teóricamente y resolviendo prácticamente la tradicional y convencional división hardware-software. El libro de referencia presenta, a lo largo de 600 páginas, los principios de esta técnica, su tecnología, la variedad de sus aplicaciones, su implementación en distintos modelos muy difundidos de ordenadores y una extensa bibliografía. Sirve, al mismo tiempo, de texto de estudio y de fuente de consulta.
- 11) I. Flores pretende escribir claro pero, desgraciadamente, no siempre lo consigue y éste es uno de los casos, dentro de su amplia bibliografía, en que menos ha conseguido sus propósitos. A pesar de ello, traemos su obra a esta biblioteca básica por la simple razón de que es un autor que estudia simultáneamente el hardware y el software, y eso se acomoda a nuestros objetivos. En este libro, si uno se lo propone, puede introducirse al conocimiento de esa zona, aún tan oscura, de las relaciones entre las unidades físicas y el software. Permite, en particular, comenzar a desenmarañar la serie de eslabones que, en una operación de comunicación con el exterior de la unidad central, ligan una instrucción simbólica de entrada/salida con la culminación física de la información convocada por la misma, pasando por toda la gestión física y lógica de volúmenes y ficheros, incluyendo el funcionamiento del canal en un ambiente de multiprogramación.
- 12) Presenta una descripción de la estructura, organización y funciones de los más avanzados sistemas operativos actuales, desglosándolos en una jerarquía de programas componentes, que quiere ser válida para todos aquellos. Destacan en especial las áreas de gestión de "jobs", gestión de "tasks" y gestión de datos. Resulta un libro muy difícil de leer, en parte por tratarse de un tema mal conocido y casi sin definir, y en parte por su presentación lineal y condensada. En definitiva, ha de considerarse como libro de estudio y de consulta, después de haber adquirido experiencia

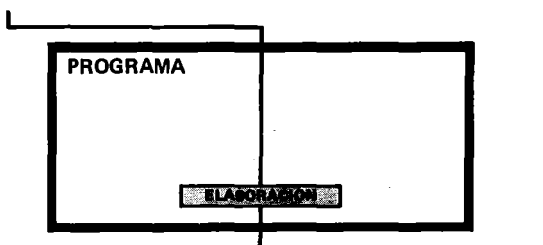
real en la utilización de sistemas operativos complejos, imprescindible para poder situarse en relación con los sistemas operativos actuales. Muy valiosos son su glosario de la terminología empleada y sus datos concretos comparativos sobre diferentes sistemas reales. Se ofrece como fuente útil para la selección, evaluación, adaptación e implementación de sistemas operativos.

- 13) Mas que de un libro se trata de una enciclopedia en dos grandes volúmenes, en forma de fichas, periódicamente corregidas y actualizadas. Consta de unas cien fichas o artículos, cada uno escrito por un especialista en la materia, sobre los siguientes temas: Generalidades sobre la Informática y los Ordenadores; Concepción de los Materiales; Ordenadores; Calculadores Analógicos e Híbridos; Lenguajes de Programación; Sistemas de Explotación; Teleinformática; Implantación de la Informática en la Empresa; Influencia de la Informática sobre la organización de la Empresa; Aplicaciones de los ordenadores, Gestión; Aplicaciones de los ordenadores, cálculos científicos; Aplicaciones Industriales; Aplicaciones especiales. La variedad de su contenido, junto con la calidad de buena parte de sus artículos lo convierten en ese elemento de consulta que todos necesitamos para abordar por vez primera un tema, para preparar o completar o documentar una lección, una conferencia o un artículo. Buena prueba de ello es que aquí se ha utilizado con alguna frecuencia para escribir esta Memoria.
- 14) De todos los libros que componen esta biblioteca básica, el que comentamos aquí es el único que no figura —porque no ha sido utilizado— como referencia entre las fuentes bibliográficas que apoyan nuestra Memoria. Apoya, en cambio, los objetivos formulados por nosotros en la misma sobre la deseable especialización de los Ingenieros de Telecomunicación en Teleinformática. Y ello precisamente porque se ocupa de las líneas generales del diseño integrado de sistemas "on-line", dejando los aspectos más técnicos, propios de la comunicación, en un segundo plano, pero tomando los datos "fluídicos" que hacen al caso. Dentro de este enfoque, el autor insiste en los aspectos de hardware, de software, en la verificación, en la depuración y en consideraciones típicas de los usuarios de tales sistemas, presentando siem-

pre alternativas y compromisos a todos los niveles de diseño. Es un libro profesional; por lo tanto exige del lector un buen conocimiento y comprensión de los conceptos de hardware y software y elevada sensibilización en cuanto a las aplicaciones (mejor con experiencia previa).

- 15) Es obra de ensayo, escogida casi al azar entre las que componen la incipiente bibliografía dedicada a las implicaciones humanas sociales y económicas de la informática. En la biblioteca básica que proponemos no podía faltar una referencia de esta índole, toda vez que tal clase de preocupaciones extratécnicas late de manera explícita e importante en los objetivos de enseñanza por nosotros formulados y que, de manera general, creemos deben orientar la formación de todos los técnicos en informática.

Programa



XIV.— INTRODUCCION

14.—INTRODUCCION

El programa que presentamos en el próximo apartado 15 es fundamentalmente una formalización por lecciones de los conceptos y enfoques comentados en el apartado 6 del capítulo CONCEPTO. Resulta del todo imposible desmenuzar aquí el proceso de elaboración que nos ha conducido a formular esas lecciones y no otras. Varios años de experiencia, junto a un gran interés personal por las técnicas de informática, por las técnicas de enseñanza, por las técnicas del *management* y por la cibernética, nos han guiado a una determinada ordenación de los temas y de las lecciones que los componen.

Tal ordenación, por responder a criterios de índole didáctica y también de contenido, busca aproximarse a la *secuencia efectiva media* (ver capítulo METODO) de nuestros alumnos. Al objeto de no "perder de vista el bosque" conservamos, en la vecindad del programa, los objetivos que con éste pretendemos y, aún más, desglosamos aquellos en una cadena de objetivos parciales por tema, a manera de mojones que nos ayudarán a conocer si hemos perdido la ruta.

XV.— LECCIONES Y OBJETIVOS

15.— LECCIONES Y OBJETIVOS

15.1.— OBJETIVOS GENERALES DEL PROGRAMA DE ORDENADORES ELECTRONICOS (COPIADOS DEL APARTADO 5.5.2. DEL CAPITULO CONCEPTO)

Proporcionar una base suficientemente amplia para comprender los aspectos, sobre todo funcionales, de hardware y de software del sistema, más allá de las descripciones comerciales.

Para ello, tiene que proporcionar una comprensión de la estructura de los ordenadores y de la evolución de dicha estructura en correlación con factores de coste/rendimiento y de modos de explotación, a la luz razonada no sólo de la tecnología y de las ideas sino también de otras fuerzas a menudo insospechadamente condicionantes.

No es posible por ahora presentar una teoría coherente del hardware y mucho menos del software, pero el programa tiene que buscar transmitir los conceptos del hardware y del software como componentes de un continuo, el desplazamiento de cuyos límites marca precisamente la traza de la evolución de la estructura de los ordenadores.

15.2.— LECCIONES Y OBJETIVOS

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|---|
| <p>LECCION 1</p> <p>MARCO Y OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA</p> <p>Definición de la palabra Informática. Otras denominaciones. La Informática, ¿ciencia o técnica?</p> <p>Ramas de la Informática. El ordenador, instrumento central de la Informática. Categorías de máquinas calculadoras. Ambitos de diseño y de aplicación del ordenador.</p> | <p>Situar el contenido y el alcance de esta asignatura dentro del cuadro general de la Informática.</p> |
| <p>LECCION 2</p> <p>MARCO Y OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA</p> <p>Definición de ordenador. Ambito de diseño. Niveles descriptivos: nivel de circuitos, nivel de diseño lógico, nivel de programación, nivel "fluídico". Introducción a las dimensiones técnicas del ordenador.</p> | |
| <p>LECCION 3</p> <p>MARCO Y OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA</p> <p>Idea de magnitud y distribución del ámbito de aplicación. Desa-</p> | |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|--|
| <p>rrollo histórico de la Informática. Dimensiones en el uso del ordenador: dimensión técnica, dimensión económica, dimensión sociológica, ¿dimensión ecológica? Conclusiones.</p> <p>LECCION 4</p> <p>MARCO Y OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA</p> <p>La Ingeniería de Ordenadores. Actividades en Informática de los Ingenieros Superiores de Telecomunicación. Descripción y significación de la Teleinformática. Objetivos, estructura y contenido de la asignatura.</p> | |
| <p>LECCION 5</p> <p>APLICACIONES</p> <p>Finalidad del ordenador. Una clasificación de sus aplicaciones. Ejemplos de aplicaciones de cálculo: solución en lenguaje similar al APL. Algoritmo, programa, organigrama (ordinograma), lenguaje. Fases en el estudio y tratamiento de un problema con ordenador.</p> | <p>Estimular el interés de los alumnos por los ordenadores, mediante una perspectiva amplia pero categorizada de sus aplicaciones.</p> <p>Presentar las características generales más acusadas de los ordenadores y los conceptos fundamentales ligados al tratamiento de la información.</p> <p>Introducir al ámbito de aplicación.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|---|
| <p>LECCION 6</p> <p>APLICACIONES</p> <p>Sistemas de información para la gestión. Programas. Elementos externos de almacenamiento. Ficheros. Ejemplos de programas de gestión: estadística; facturación. Incidencia del ordenador en la empresa.</p> <p>LECCION 7</p> <p>APLICACIONES</p> <p>Ejemplos de aplicaciones en línea. Control de procesos industriales. Sistemas de reserva de plazas. Evolución en los sistemas de información para la gestión.</p> <p>LECCION 8</p> <p>APLICACIONES</p> <p>Ejemplos de aplicaciones de simulación. Modelo informacional. Organigrama de fases en la puesta a punto (incluyendo simulación) de un sistema físico complejo. Lenguajes de simulación</p> | |
| <p>LECCION 9</p> <p>ORDENADOR SAMOS</p> <p>Descripción de la estructura y funcionamiento de sus unidades,</p> | <p>Introducir, a través de un ordenador muy sencillo, pero completo, al manejo práctico del nivel ISP.</p> <p>Conseguir un grado de aprendizaje de la programación en lenguaje de má-</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|---|
| <p>en especial del Acumulador y de la Unidad de Control. La instrucción y sus campos. Instrucciones LDA, STØ, ADD, BRU, WWD, HLT.</p> <p>LECCION 10</p> <p>ORDENADOR SAMOS</p> <p>Redacción de programas con las instrucciones anteriores. Instrucciones SUB, MPY, DIV, RWD, BMI. Ejemplos de codificación.</p> <p>LECCION 11</p> <p>ORDENADOR SAMOS</p> <p>Instrucciones LI1, LI2, LI3, TI1, SHL, SHR. Simulación de programas reales escritos en lenguaje SAMOS y simulados en IBM 7090.</p> | <p>quina conveniente para promover interés hacia el conocimiento de la estructura de un ordenador al subnivel RT.</p> |
| <p>LECCION 12</p> <p>SOFTWARE</p> <p>Software de base. Clasificación y definiciones. Principales componentes del software. Terminología. Procesadores de lenguajes. Clasificación de los lenguajes según el soporte de símbolos. Propiedades de los lenguajes de programación.</p> | <p>Introducir a los niveles PMS e ISP (proceso de interpretación de las instrucciones).</p> <p>Clasificar y describir las principales características de los lenguajes de programación y sus correspondientes procesadores.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|-----------|
| <p>LECCION 13</p> <p>INTRODUCCION A LA ESTRUCTURA FUNCIONAL DE LOS ORDENADORES</p> <p>Máquinas de programa registrado. Unidad y memoria central. Unidad de Control. Canales y unidades periféricas. Funcionamiento de un ordenador de registros.</p> | |
| <p>LECCION 14</p> <p>INTRODUCCION A LA ESTRUCTURA FUNCIONAL DE LOS ORDENADORES</p> <p>Formato de la instrucción y unidad aritmética-lógica. Fases del desarrollo de instrucciones de varios tipos: de cálculo, de salto y de entrada-salida.</p> | |
| <p>LECCION 15</p> <p>INTRODUCCION A LA ESTRUCTURA FUNCIONAL DE LOS ORDENADORES.</p> <p>Definiciones de hardware y software. Hardware: tecnología, lógica y arquitectura. Evolución a lo largo de las generaciones de ordenadores. Software: lenguajes de programación, sistemas operativos y software de aplicación. Evolución a lo largo de las generaciones de ordenadores. El continuo hardware-software.</p> | |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|--|
| <p>LECCION 16</p> <p>INFORMACION NUMERICA-LOGICA</p> <p>El bit. Codificación. Limitaciones a la codificación debidas a la estructura de los ordenadores. Carácter. Palabra. Máquina-carácter y máquina-palabra: discusión de la terminología.</p> | <p>Describir, a través de ejemplos reales, la manera cómo se compone la información utilizable en un ordenador (datos e instrucciones) en función de la información binaria elemental y de determinadas contingencias estructurales del ordenador, y cómo se organizan estas informaciones en unidades dinámicas superiores (organizaciones de la información, programas). En otras palabras, introducir a los conceptos básicos (formatos y operandos) del nivel ISP.</p> |
| <p>LECCION 17</p> <p>INFORMACION NUMERICA-LOGICA</p> <p>Sistemas de numeración. Sistema binario puro; operaciones y conversiones. Numeración octal y hexadecimal. Números negativos; complementación y operaciones. Números decimales; BCD y otros códigos; propiedades.</p> | |
| <p>LECCION 18</p> <p>INFORMACION NUMERICA-LOGICA</p> <p>Formatos de los números: números en coma fija; números en coma flotante: representaciones normalizadas, precisión, rango; cadenas de dígitos decimales. Codificación de informaciones no numéricas. Formatos de las instrucciones. Descripción de algunos elementos componentes.</p> | |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|--|
| <p>LECCION 19</p> <p>INFORMACION NUMERICA—LOGICA</p> <p>Organización y búsqueda de informaciones en memoria: vector, lista, tabla, pila y cola de espera. Juego de instrucciones de un ordenador. Ejemplos de diferentes tipos de instrucciones.</p> | |
| <p>LECCION 20</p> <p>CIRCUITOS LOGICOS</p> <p>Clases de lógicas. Variables y funciones. Tabla de verdad. Propiedades más importantes del álgebra de Boole. Circuitos combinacionales. Funciones de base.</p> | <p>Recorrer, de forma más práctica que teórica, el nivel de diseño lógico, haciendo especial hincapié en el subnivel RT y en su relación con la estructura de la información numérica-lógica.</p> <p>Conseguir un grado de aprendizaje conveniente para interpretar con facilidad los esquemas de principio de las estructuras RT y PMS.</p> |
| <p>LECCION 21</p> <p>CIRCUITOS LOGICOS</p> <p>Obtención tabular de expresiones booleanas. Simplificación gráfica por el método del diagrama de Karnaugh. Ejemplos.</p> | |
| <p>LECCION 22</p> <p>CIRCUITOS LOGICOS</p> <p>Funciones y operadores más corrientes: Nand, Nor, Or exclusi-</p> | |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|---|
| <p>vo. Diseño de circuitos compuestos de un solo operador de base. Formas canónicas.</p> <p>LECCION 23</p> <p>CIRCUITOS LOGICOS</p> <p>Aplicaciones: Circuitos de codificación y decodificación, sumadores y sustractores.</p> <p>LECCION 24</p> <p>CIRCUITOS LOGICOS</p> <p>Circuitos secuenciales. Sistemas de dos estados. Biestables (RS, JK, etc.) Buses y registros. Operaciones con registros. Ejemplos.</p> <p>LECCION 25</p> <p>CIRCUITOS LOGICOS</p> <p>Generalización al concepto de autómata. Noción de estado. Funciones de transición. Representaciones gráfica y tabular. Relaciones teóricas y prácticas con los conceptos de memoria y de ordenador.</p> | |
| <p>LECCION 26</p> <p>TECNOLOGIA</p> <p>Papel de la tecnología en la estructura de los ordenadores. Tec-</p> | <p>Dar a conocer las características funcionales más importantes de los circuitos lógicos integrados y su ordenación por familias, tecnologías, etc... para facilitar la comprensión de las</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|--|
| <p>nología de los circuitos lógicos. Estudio funcional de la tecnología de circuitos lógicos integrados: familias, características funcionales e integración.</p> | <p>discusiones sobre estructura de ordenadores.</p> |
| <p>LECCION 27 MEMORIAS</p> <p>Niveles de jerarquías. Definición de memoria. Bit y punto de memoria. Clasificación de las memorias. Características generales. Un espacio de 3 dimensiones: tiempo de acceso/capacidad/coste por bit.</p> <p>LECCION 28 MEMORIAS</p> <p>Memoria de núcleos de ferrita. Punto de memoria de núcleo. Organizaciones 2D, 3D y 2 1/2D. Distinción entre tiempo de acceso y ciclo de base.</p> <p>LECCION 29 MEMORIAS</p> <p>Memoria de película magnética. Punto de memoria. Técnicas planar, de varillas y de hielo recubierto. Organización. Principios de la memoria de semiconductores.</p> | <p>Poner de manifiesto que los dispositivos de memoria realizan la función de almacenamiento a distintos niveles y con distintos objetivos dentro de la organización del ordenador.</p> <p>Comprender en detalle el funcionamiento de la memoria central con tres tecnologías (núcleos de ferrita, película delgada y semiconductores) y las características que predeterminan el rendimiento de la unidad central.</p> <p>Aclarar y comparar las características funcionales más importantes de las memorias en relación con la información, haciendo hincapié en dispositivos especializados y en sus aplicaciones más espectaculares.</p> <p>Discutir los factores técnicos y económicos que condicionan, desde un punto de vista muy amplio, la evolución industrial de las diferentes tecnologías, particularizando al futuro de los semiconductores como base de la memoria central.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|--|
| <p>LECCION 30</p> <p>MEMORIAS</p> <p>Memorias especializadas y estructuras de datos. Pilas y colas de espera cableadas. Memorias de solo lectura. Memorias asociativas. Aplicaciones.</p> <p>LECCION 31</p> <p>MEMORIAS</p> <p>Jerarquía de memorias y organización de ordenadores. Estado actual y tendencias de difusión de las tecnologías de memoria. Estructura y funcionamiento de la industria de ordenadores. Factores técnicos y económicos de evolución en la tecnología de memorias.</p> | |
| <p>LECCION 32</p> <p>UNIDAD ARITMETICA-LOGICA</p> <p>Operadores elementales. El registro acumulador. Indicadores de estado. Operaciones lógicas. Suma y sustracción binaria algebraica.</p> | <p>Dar a conocer la composición básica de la unidad aritmética-lógica y la naturaleza de su estructura como un compromiso de diseño de los circuitos lógicos frente a la estructura de la información numérica-lógica.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|--|
| <p>LECCION 33</p> <p>UNIDAD ARITMETICA—LOGICA</p> <p>Suma decimal con corrección automática. Suma y sustracción binarias en coma flotante: circuitos funcionales y organigrama de las operaciones.</p> <p>LECCION 34</p> <p>UNIDAD ARITMETICA—LOGICA</p> <p>Esquema de principio de una unidad aritmética-lógica binaria básica. Técnicas de multiplicación y división. Esquemas de principio y organigramas.</p> | |
| <p>LECCION 35</p> <p>RUTA DE DATOS Y "RUTA DE ORDENES"</p> <p>Definición de ruta de datos. Dos niveles de descripción: nivel programa, nivel microprograma. Ejemplo. Red o ruta de órdenes. Definición. Presentación de los principales dispositivos de una red de órdenes. Esquema con dos niveles de descripción de un ordenador simple con instrucciones de una dirección.</p> | <p>Analizar la estructura PMS de los componentes <i>procesador central y memoria principal</i>, su evolución y las causas de su evolución, descendiendo hasta el nivel RT.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|-----------|
| <p>LECCION 36</p> <p>RUTA DE DATOS</p> <p>Ordenadores científicos de la 2ª generación. Primera clasificación de los registros. Técnicas de direccionamiento absoluto, indirecto e indexado. Funcionamiento de la unidad central. Ordenadores de gestión de la 2ª generación. Funcionamiento. Diferencias más importantes con los ordenadores científicos puros.</p> | |
| <p>LECCION 37</p> <p>RUTA DE DATOS</p> <p>Ordenadores de la 3ª generación. Estructuras del sistema de registros. Memoria local. Técnicas de direccionamiento relativo. Dirección efectiva. Clasificación, descripción y uso. Unidad central de la 3ª generación. Formato de las instrucciones.</p> | |
| <p>LECCION 38</p> <p>RUTA DE DATOS</p> <p>Diferencias entre las estructuras de la ruta de datos de la 2ª y 3ª generación: número y clase de los registros; evolución en las técnicas de direccionamiento: ru-</p> | |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|--|
| <p>ta física y ruta lógica de datos; tendencia hacia un fraccionamiento en rutas especializadas.</p> <p>LECCION 39</p> <p>RUTA DE DATOS</p> <p>Introducción. Solapamiento de los ciclos de memoria. Técnicas de anticipación. Hacia un paralelismo funcional generalizado. Resumen de ruta de datos.</p> | |
| <p>LECCION 40</p> <p>RUTA DE ORDENES</p> <p>Obtención de los microprogramas de instrucciones de una dirección en un ordenador simple. Obtención de los microprogramas de instrucciones de varios tipos: suma, almacenamiento y salto. Repertorio de órdenes.</p> <p>LECCION 41</p> <p>RUTA DE ORDENES</p> <p>Secuenciador central. Microprogramas cableados y microprogramas grabados. Fases en el secuenciamiento. Distribuidor de fases. Decodificación del código de operación. Informaciones de estado.</p> | <p>Analizar la estructura interna del procesador central hasta el subnivel RT de su proceso de interpretación de la información numérica-lógica.</p> <p>Conseguir un grado de aprendizaje conveniente para interpretar con facilidad una ruta de datos y de órdenes completa de un ordenador sencillo y diseñar al subnivel RT distintos elementos de la misma.</p> <p>Recorrer el nivel ISP y extenderse al estudio de las versiones de procesador microprogramado y a las consecuencias de esta técnica.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|--|
| <p>LECCION 42</p> <p>RUTA DE ORDENES</p> <p>Ecuaciones lógicas. Varios ejemplos simples de cálculo de órdenes.</p> <p>LECCION 43</p> <p>RUTA DE ORDENES</p> <p>Microprogramación sobre memoria. Modelo de microprogramación. Memoria de control. Codificación y direccionamiento de las microinstrucciones. Macromáquina y micromáquina.</p> <p>LECCION 44</p> <p>RUTA DE ORDENES</p> <p>Ejemplo simplificado de una máquina microprogramada. Propiedades de la microprogramación sobre memoria. Aplicaciones. Situación y significación dentro del continuo hardware-software.</p> | |
| <p>LECCION 45</p> <p>SOPORTES DE LA INFORMACION. UNIDADES PERIFERICAS</p> <p>Introducción. Criterios de calificación de los soportes: funciona-</p> | <p>Describir las características "fluídicas" más importantes de las unidades periféricas, insistiendo en la idea de contingencia, de cara, tanto a la estructura de la información numérica-lógica como a la dinámica de su tratamiento.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|--|
| <p>lidad, reutilizabilidad, legibilidad por el hombre, direccionabilidad. Carácter óptico; lector. Carácter magnetizable; lector. Papel impreso; impresoras. Documento con marcas; lector. Microfilm y pantalla catódica; teclados. Trazadoras gráficas.</p> <p>LECCION 46</p> <p>SOPORTES DE LA INFORMACION. UNIDADES PERIFERICAS</p> <p>Tarjeta perforada; lector, perforador. Banda perforada; lector, perforador. Tambor magnético. Disco magnético. Cinta magnética. Bobinador. Láminas u hojas magnéticas.</p> | |
| <p>LECCION 47</p> <p>COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR</p> <p>Transferencias entre periféricos y memoria central. Funciones del canal. Configuración de un sistema informático complejo. Evolución de los conceptos sobre simultaneidad entre procesamiento y entradas-salidas: modos de funcionamiento. Técnicas de ejecución de una transferencia elemental.</p> | <p>Analizar la estructura PMS de los componentes Pc, Mp y periferia T. Estudiar el proceso de interpretación de las entradas/salidas en relación con la estructura PMS correspondiente, distinguiendo la función y la situación funcional de los componentes P, K y S y examinando los grados de rendimiento resultantes.</p> <p>Situar las técnicas y soluciones de la comunicación con el exterior como un caso particular, aunque muy importante, del problema de las comunicaciones en el ordenador.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|-----------|
| <p>LECCION 48</p> <p>COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR</p> <p>Canal automático. Fases operativas de un canal. Inicialización del canal. Transferencia de la información: transferencias elementales, robo de un ciclo, encadenamiento.</p> | |
| <p>LECCION 49</p> <p>COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR</p> <p>El programa de canal: descripción de una operación de E/S; instrucciones de control de E/S. Síntesis del funcionamiento de un canal selector.</p> | |
| <p>LECCION 50</p> <p>COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR</p> <p>Canal multiplado: subcanal. Modelo de canal multiplexor con prioridad cableada: funcionamiento canal-controladores. Descripción de otros tipos de canales. Controladores de periféricos.</p> | |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|---|
| <p>LECCION 51</p> <p>COMUNICACIONES CON EL EXTERIOR</p> <p>Relación entre la organización de los intercambios de entradas/salidas y el resto del sistema. Interrupciones de E/S. Sistema general de interrupciones: algunos tipos, jerarquización de las interrupciones, tratamiento de una interrupción.</p> | |
| <p>LECCION 52</p> <p>TECNICAS DE MULTIPROGRAMACION</p> <p>Definición de multiprogramación. Estrategias generales en multiprogramación. Marco teórico funcional de las técnicas de multiprogramación: recursos, tareas, ligaduras y condiciones de contorno; el throughput y otros criterios de eficacia. Entorno de multiprogramación.</p> <p>LECCION 53</p> <p>SOFTWARE. SISTEMAS OPERATIVOS: CONCEPTOS PREVIOS</p> <p>Introducción: Traslación de direcciones. Canales. Colas. Planificación. Unidades de proceso. Len-</p> | <p>Describir las técnicas de explotación automática de los ordenadores en entornos complejos, con referencia a un modelo de gestión de recursos y de tareas. Vinculando siempre los aspectos de hardware y de software, las diversas técnicas deben aparecer a los ojos del alumno como combinaciones diversas de los factores de producción (recursos en hardware y software y tareas de servicio), cuya eficacia real se derivará, no del ingenio de la técnica empleada, sino de la mejora de los índices de rendimiento y precio.</p> <p>Describir la estructura, componentes y funciones principales de los actuales sistemas operativos avanzados.</p> <p>Analizar distintas técnicas de gestión de la memoria central, haciendo hincapié en la técnica de memoria virtual.</p> <p>Con este grupo de lecciones pretendemos hacer descubrir al alumno la necesidad de un nivel descriptivo por encima del PMS.</p> |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|-----------|
| <p>guaje de Control del "Job". Compilación y encadenamiento.</p> <p>LECCION 54</p> <p>SOFTWARE. SISTEMAS OPERATIVOS: ESTRUCTURA DE UN SISTEMA OPERATIVO.</p> <p>Funciones. Gestión de "Jobs". Gestión de "tasks". Gestión de datos.</p> <p>LECCION 55</p> <p>SOFTWARE. SISTEMAS OPERATIVOS: TIPOS DE PROCESOS Y DE SISTEMAS OPERATIVOS</p> <p>Tipos de procesos: proceso por lotes, en tiempo real, en tiempo compartido, transaccional y conversacional. Tipos de Sistemas operativos: sistemas de proceso secuencial, básico de multiprogramación, extendido de multiprogramación, secuencial de tiempo compartido.</p> <p>LECCION 56</p> <p>TECNICAS DE MULTIPROGRAMACION</p> <p>Gestión de la memoria central: problemas y soluciones. Traslación de direcciones y consecuen-</p> | |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|---|-----------|
| <p>cias del número y función de los registros sobre las posibilidades de gestión de la memoria. Organización de la implantación en memoria central.</p> <p>LECCION 57</p> <p>TECNICAS DE MULTIPROGRAMACIÓN</p> <p>Principio general de la paginación en memoria virtual. Fines principales de las técnicas de paginación. Mecanismos de traducción de direcciones virtuales a direcciones reales: topografía completa e incompleta.</p> <p>LECCION 58</p> <p>TECNICAS DE MULTIPROGRAMACION</p> <p>Mecanismos de gestión del espacio de la memoria central y de la transferencia entre memoria central y auxiliar: algoritmos de sustitución. Memoria virtual con paginación y segmentación. Comparación de la memoria virtual con otras técnicas.</p> | |

| LECCIONES | OBJETIVOS |
|--|--|
| <p>LECCION 59</p> <p>PARALELISMO FUNCIONAL</p> <p>Planteamiento del problema. Arquitectura pipe-line; conflictos de paralelismo. Algoritmo de Tomasulo. Nuevo enfoque de las técnicas de jerarquización de memoria.</p> <p>LECCION 60</p> <p>PARALELISMO FUNCIONAL</p> <p>Multiproceso. Definición y clasificación. Multiprocesadores centrales y máquinas con procesadores especializados. Ordenadores celulares: organizaciones Holland y Solomon.</p> | <p>Iniciar en el conocimiento de las técnicas de la organización concurrente de los recursos del procesador central.</p> |